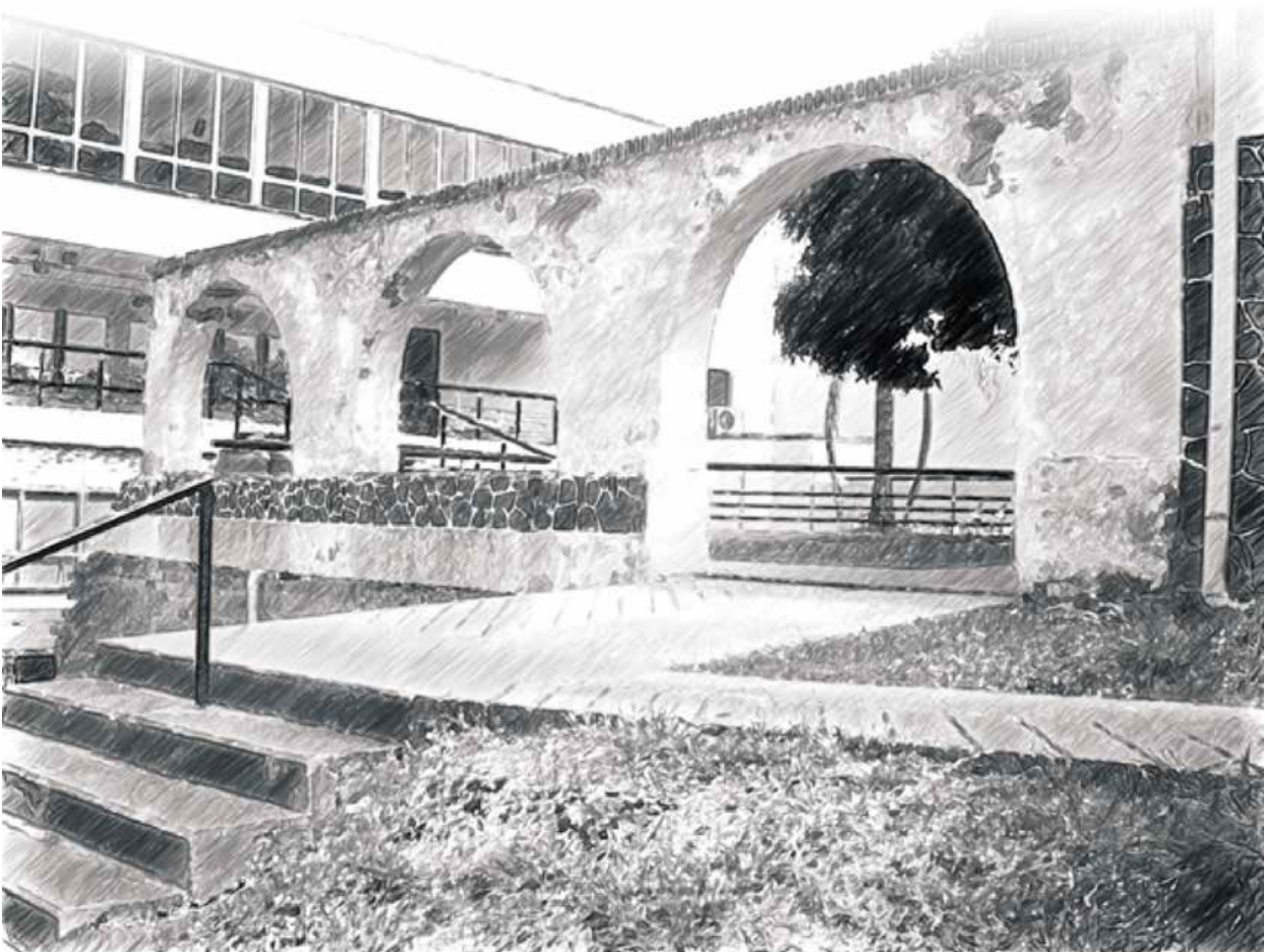


Introducción a la gestión de la tecnología y la innovación empresarial

Jorge Robledo Velásquez



Facultad de Minas
Sede Medellín



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Introducción a la gestión de la tecnología y la innovación empresarial

Introducción a la gestión de la tecnología y la innovación empresarial

Jorge Robledo Velásquez



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

658.4062

R61

Robledo Velásquez, Jorge

Introducción a la gestión de la tecnología y la innovación empresarial / Jorge Robledo Velásquez. -- Primera edición. -- Medellín, Colombia : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, 2020.

1 recurso en línea (320 páginas) : ilustraciones, gráficos.

ISBN :

1. INNOVACIONES TECNOLÓGICAS – ADMINISTRACIÓN. 2. CIENCIA Y TECNOLOGÍA. 3. INNOVACIÓN CIENTÍFICA. 4. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO. 5. PROPIEDAD INTELECTUAL. 6. DESARROLLO CIENTÍFICO.

I. Título

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín

Introducción a la gestión de la tecnología y la innovación empresarial

© Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín

© Jorge Robledo Velásquez, autor, 2020

jroble dov@unal.edu.co

Primera edición, 2020

ISBN: 978-958-794-149-4

ISBN-e: 978-958-794-150-0

Licencia Creative Commons:



Carátula: Mauricio Robledo Correa

Diagramación: Mery Murillo A. - Todográ icas Ltda. Edición:

Edilda Muñoz C.

Coordinación: Centro Editorial - Facultad de Minas

Carrera 80 n.º 65-223, bloque M9, of. 107. Medellín, Colombia

Medellín, Colombia, 2020

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Medellín, Colombia

CONTENIDO

Prólogo	1
Introducción	5
1. Conceptos fundamentales sobre ciencia y tecnología.....	13
Introducción.....	13
Ciencia y tecnología.....	13
Las respuestas del hombre.....	14
Ciencia y tecnología: ¿en qué se parecen y en qué se diferencian?	15
Datos, información, conocimiento, inteligencia y sabiduría.....	16
Tipos de conocimiento y naturaleza de la tecnología	19
¿Qué es la tecnología?	20
Investigación y desarrollo experimental (I+D).....	23
La investigación básica y aplicada	25
El desarrollo experimental	26
2. La innovación empresarial.....	29
Introducción	29
Innovación y desarrollo económico.....	29
De la invención a la innovación.....	32
La innovación empresarial.....	32
La innovación según el <i>Manual de Oslo</i>	35
Criterios para la existencia de innovación.....	38
Las actividades de innovación (o innovativas)	40
Tipología de empresas respecto a la innovación	42
Los modelos de innovación tecnológica empresarial	42
Modelos lineales	43
Modelo articulado.....	43
Modelo integrado.....	44

Modelo sistémico e integrado en red.....	44
El modelo de Kline y Rosenberg	44
Clasificación de la innovación	46
Clasificación de la innovación según su objeto	46
Clasificación de la innovación según su magnitud.....	46
Clasificación de la innovación según su grado de novedad.....	48
Difusión de la innovación.....	48
El ciclo de vida de la adopción de innovaciones	48
Modelos matemáticos y de simulación.....	50
Indicadores y encuestas de innovación	52
Indicadores de innovación	52
Las encuestas de innovación.....	54
Sistemas de innovación	56
Sistema Nacional de Innovación (SNI).....	57
Entidades de interfaz del SNI	58
Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT).....	58
Centros de Investigación	59
Centros de Productividad o Innovación	59
Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica (IEBT)	59
Parques Tecnológicos.....	59
3. Marco institucional y políticas públicas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) en Colombia.....	61
Introducción.....	61
Hitos en la construcción de una institucionalidad para la CTI en Colombia.....	62
La institucionalidad colombiana en Ciencia, Tecnología e Innovación.....	64
Etapas de desarrollo inicial de capacidades científicas y tecnológicas	64
Creación y consolidación de Colciencias.....	65
El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología	65
El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.....	69
Instrumentos jurídicos para la actuación pública en CTI.....	71
Los tres marcos de política pública de CTI.....	74
La Política Nacional de CTI.....	75
Instrumentos financieros y fiscales	79
Financiación de recuperación contingente	79
Créditos de fomento a la innovación tecnológica	80
Cofinanciación	81

Programas especiales	82
Fondos de Capital de Riesgo	82
Exención de IVA.....	84
Deducción tributaria	84
Rentas exentas	85
Hacia una política de innovación transformativa en Colombia.....	85
4. Propiedad intelectual.....	89
Introducción	89
Justificación de los sistemas de propiedad intelectual.....	89
Naturaleza de la propiedad intelectual.....	91
Clasificación.....	92
Marco institucional y normativo	93
Propiedad industrial.....	96
Patentes de invención	96
Modelos de utilidad	97
Diseños industriales	98
Esquema de trazado de circuitos integrados.....	98
Marcas y lemas comerciales	99
Nombre y enseña comercial	101
Secreto empresarial	102
Denominación de origen.....	105
Trámite de solicitudes de protección.....	106
Derechos de autor y derechos conexos.....	107
Patentamiento de animales y títulos de obtentor de variedades vegetales	111
5. Modelo de gestión de la innovación empresarial.....	115
Introducción	115
Fundamentos conceptuales y teóricos.....	116
El Modelo de Congruencia de Nadler y Tushman (1997)	116
Las propuestas de Guan y Ma, Yam <i>et al.</i> y Wang, Lu y Chen.....	118
El modelo de gestión de la innovación empresarial.....	121
Plan de fortalecimiento de la gestión de la innovación.....	129
Validación del modelo y trabajo futuro	130
6. Gestión estratégica de la innovación.....	131
Introducción	131
Importancia estratégica de la innovación.....	132

Los sectores empresariales desde la innovación	134
Clasificación de las estrategias de innovación de Freeman	136
Estrategia de innovación ofensiva.....	137
Estrategia de innovación defensiva.....	138
Estrategias de innovación imitativa y dependiente.....	139
Estrategias de innovación tradicional y oportunista	140
Tipología de Miles y Snow	141
Otros tipos de estrategia de innovación.....	143
Innovación abierta e innovación cerrada.....	144
Estrategias de orden de llegada a los mercados.....	145
El ciclo de gestión estratégica de la innovación	146
Formulación de la estrategia de innovación: objetivos, acciones y planes estratégicos.....	146
Formulación de la estrategia de innovación: análisis estratégico.....	152
Formulación de la estrategia: decisiones estratégicas.....	154
Implementación de la estrategia de innovación.....	162
Evaluación y ajuste de la estrategia de innovación.....	163
La Perspectiva de los Recursos y Capacidades	163
Aprendizaje organizacional.....	167
Canales de aprendizaje.....	168
Aprendizaje a través de la experiencia productiva	168
Aprendizaje a través del enganche y el entrenamiento de personal.....	169
Aprendizaje a través de la I+D.....	171
Aprendizaje a través de la colaboración y las relaciones interinstitucionales	173
7. Gestión de portafolios y proyectos de I+D+i	175
Introducción.....	175
Gestión de portafolios de proyectos de I+D+i.....	175
Definición, contexto y objetivos	176
Métodos de gestión de portafolios	178
Gestión de proyectos de I+D+i.....	183
Identificación del problema y análisis de las alternativas de solución..	184
Formulación del proyecto de I+D+i	185
Problema y alternativas de solución.....	186
Objetivos y productos del proyecto.....	187
Resultados e impactos del proyecto.....	187

Metodología, cronograma y presupuesto.....	192
Evaluación ex-ante del proyecto	193
Evaluación de mercado, comercial y financiera	194
Evaluación de normas y regulaciones.....	194
Evaluación tecnológica	195
Evaluación ambiental	195
Evaluación sociocultural.....	196
Análisis organizacional y administrativo	196
Evaluación ética	196
Ejecución y seguimiento del proyecto.....	197
Cumplimiento de metas y objetivos.....	197
Cumplimiento de cronograma y presupuesto	197
Previsiones de implantación.....	197
Garantía de confidencialidad y protección de la propiedad intelectual	198
Evaluación ex-post del proyecto.....	198
8. Organización formal e informal para la innovación	199
Introducción	199
Estructuras organizacionales para la innovación	201
Dimensiones de análisis para el diseño organizacional	202
Centralización / formalización organizacional	202
Verticalidad / horizontalidad en la comunicación y el flujo de información	203
Estabilidad / complejidad del ambiente externo de negocios.....	203
Modelos de análisis.....	204
El diseño organizacional para la innovación.....	205
Procesos organizacionales de innovación.....	211
Formulación e implementación de la estrategia de innovación (figura 27).....	213
Gestión de la propiedad intelectual (figura 28).....	213
Evaluación de la gestión de la innovación (figura 30)	216
Gestión de ideas, del portafolio y de los proyectos de I+D+i.....	216
Gestión de ideas de I+D+i (figura 31).....	218
Gestión del portafolio de proyectos de I+D+i (figura 32)	221
Gestión de proyectos de I+D+i (figura 33)	223
Articulación entre estructura y procesos organizacionales	226
Organización informal e innovación	227
Factores de cultura organizacional.....	229

Sensibilidad a la tecnología.....	229
Sensibilidad al precio.....	230
Resistencia al cambio.....	230
Aversión al riesgo.....	230
Apertura a la información externa.....	230
Factores de clima organizacional.....	230
Interdependencia entre las tareas.....	230
Apertura a la comunicación.....	231
Apoyo de la alta dirección.....	231
Conflicto interdepartamental.....	231
Otras combinaciones de factores reportadas en la literatura.....	232
9. Valoración, negociación y contratación de tecnología.....	235
Introducción.....	235
Valoración.....	236
Métodos básicos de valoración.....	236
Enfoque del mercado.....	237
Enfoque del costo.....	238
Enfoque del beneficio.....	238
La valoración de opciones (reales).....	240
Negociación de tecnología.....	243
Tipos de negociación.....	243
Proceso de negociación.....	248
Etapa de preparación	
Etapa de intercambio de información y construcción	
de acuerdos.....	249
Etapa de acuerdo final.....	250
Relaciones personales y roles en el equipo de negociación.....	251
Contratación.....	252
Clasificación.....	253
Particularidades de los contratos tecnológicos.....	254
Contratos de licencia.....	254
Contratos de franquicia.....	261
Operaciones de <i>joint venture</i>	262
Contratos de ingeniería.....	263
Contratos de I+D: externalización y alianzas.....	264
Contratos universidad - empresa para I+D.....	267
10. Herramientas para la gestión de la innovación.....	271

Introducción	271
Creatividad	272
Fundación Neuronilla (www.neuronilla.com)	272
Institute of Design at Stanford (https://dschool.stanford.edu/)	274
Co-creación	275
Inteligencia.....	276
Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica.....	276
Enfoque y planeación del ejercicio de VT	279
Recolección de información.....	280
Análisis de la información y validación de los resultados.....	283
Comunicación de los resultados para la toma de decisiones.....	284
Análisis estratégico	284
Herramientas generales de análisis estratégico	284
Prospectiva	286
Análisis del Ciclo de Vida del Producto	289
Evaluación de la gestión y las capacidades de innovación	292
Modelación y simulación.....	293
Dinámica de Sistemas (DS) (Stermán, 2000; Davis,	
Eisenhardt & Bingham, 2007; Lättilä, Hilletoft & Lin, 2010)	295
Simulación Basada en Agentes (SBA) y Autómatas Celulares	
(AC) (Lättilä, Hilletoft & Lin, 2010; Davis, Eisenhardt	
& Bingham, 2007).....	296
Eventos Discretos (ED) (Borshchev & Filippov, 2004).....	297
NK Fitness Landscapes (NK) (Davis, Eisenhardt & Bingham,	
2007)	297
Algoritmos Genéticos (AG) (Davis, Eisenhardt	
& Bingham, 2007).....	298
Procesos Estocásticos (PE) (Davis, Eisenhardt	
& Bingham, 2007).....	299
Planeación estratégica.....	299
Cuadro de Mando Integral o Tablero de Control de Mando	
(BSC) y mapas estratégicos.....	299
Gestión de portafolios de proyectos de I+D+i	300
Mapas de ruta tecnológicos (<i>Technology Roadmapping</i>)	300
Referencias	303
Sobre el autor.....	319

Lista de figuras

Figura 1.	Los componentes de la tecnología	21
Figura 2.	Relación entre cambio tecnológico y cambio organizacional en tecnologías avanzadas de manufactura.....	22
Figura 3.	Clasificación de la I+D.....	44
Figura 4.	Modelo de innovación de articulación en cadena	
Figura 5.	Ciclo de vida de la adopción de innovaciones	
Figura 6.	Difusión del Gas Natural Vehicular en el Valle de Aburrá.....	69
Figura 7.	Modelo de simulación de la difusión multigeneracional de productos con efectos de red: validaciones en los casos ANSYS y SYMANTEC	
Figura 8.	Procedimiento para el trámite de una solicitud de crédito con Incentivo a la Innovación Tecnológica	81
Figura 9.	Justificación de los sistemas de propiedad intelectual.....	90
Figura 10.	Clasificación de la propiedad intelectual	93
Figura 11.	Clasificación de las marcas	100
Figura 12.	Etapas básicas del trámite de solicitudes de protección de propiedad industrial	106
Figura 13.	Modelo de Congruencia Sistémica de la Organización	117
Figura 14.	Modelo conceptual para la evaluación de la gestión de la innovación	123
Figura 15.	Radar de capacidades de innovación	128
Figura 16.	Complementariedad entre la innovación abierta y la innovación cerrada	
Figura 17.	Ciclo de gestión estratégica de la innovación.....	147
Figura 18.	Formulación de la estrategia	147
Figura 19.	Mapa de ruta estratégica de innovación.....	151
Figura 20.	Ejemplo de aplicación del método Factores Críticos de Éxito a la empresa Farm Fresh Produce.....	154
Figura 21.	Desarrollo y acumulación de capacidades organizacionales y ventajas competitivas a través del aprendizaje organizacional....	167
Figura 22.	Ilustración del método VCE (Valor Comercial Esperado)	180
Figura 23.	Ilustración del método de diagramas o mapas de portafolio	181

Figura 24. Marco de análisis de Duncan para el ambiente externo	204
Figura 25. Equipos de trabajo para la I+D+i.....	209
Figura 26. Mapa de procesos del sistema de gestión de la innovación	212
Figura 27. Formulación e implementación de la estrategia de innovación..	214
Figura 28. Gestión de la propiedad intelectual	215
Figura 29. Proceso etapa-puerta para la gestión de ideas, portafolio y proyectos de I+D+i.....	217
Figura 30. Evaluación de la gestión de la innovación.....	217
Figura 31. Gestión de ideas de I+D+i.....	219
Figura 32. Gestión del portafolio de proyectos de I+D+i	222
Figura 33. Gestión de proyectos de I+D+i	225
Figura 34. Puntos de resistencia y espacio de negociación distributiva (regateo o suma cero).....	244
Figura 35. Proceso de negociación.....	248
Figura 36. Clasificación de los contratos tecnológicos, según su contenido y finalidad.....	254
Figura 37. El proceso de co-creación	
Figura 38. Pirámide informacional: de los datos a la inteligencia	277
Figura 39. Proceso cíclico de la Vigilancia Tecnológica	280
Figura 40. Enfoques, métodos, horizontes temporales y tipos de futuro según los niveles de complejidad e indeterminación	
Figura 41a. Etapas del Ciclo de Vida del Producto	291
Figura 41b) Relación entre el Ciclo de Vida del Producto y el Ciclo de Vida de la Adopción de Innovaciones.....	291
Figura 42. Ejemplos de modelos y resultados de simulación	296
Figura 43. Campos de aplicación de la ds, los ed y la sba según niveles de abstracción y detalle	299
Figura 44. Estructura del Mapa de Ruta Tecnológico propuesto por eirma	301
Figura 45. Proceso de elaboración del Mapa de Ruta Tecnológico de la figura 44.....	302

Lista de tablas

Tabla 1.	Principales diferencias entre Ciencia y Tecnología.....	34
Tabla 2.	Ciclos de la economía capitalista y su relación con la innovación ..	48
Tabla 3.	Tiempo entre invención e innovación.....	52
Tabla 4.	Áreas temáticas para la construcción de indicadores en las encuestas de innovación.....	55
Tabla 5.	Diferencias entre patente y know-how	104
Tabla 6.	Comparación entre patentes y títulos de obtentor.....	113
Tabla 7.	Matriz de tópicos de análisis y variables evaluativas.....	126
Tabla 8.	Indicadores de resultado de la gestión de la innovación	128
Tabla 9.	Respuestas características de los tipos de empresas según Miles y Snow	143
Tabla 10.	De la estrategia de negocios a los objetivos estratégicos de innovación	149
Tabla 11.	Ejemplo de matriz estructura - procesos.....	227
Tabla 12.	Diferencias en la evaluación de inversiones financieras	242
Tabla 13.	Tipos, naturaleza jurídica y obligaciones básicas aplicables a los contratos de causa simple.	256
Tabla 14.	Tipos, naturaleza jurídica y obligaciones básicas aplicables a los contratos de causa compleja (se excluyen los contratos de I+D).	257
Tabla 15.	Rango de regalías sobre las ventas en distintas industrias.....	259
Tabla 16.	Rango de regalías para licenciamiento de productos y procesos biotecnológicos.	261

Lista de cuadros

Cuadro 1. Diferencias entre datos, información y conocimiento.....	36
Cuadro 2. Las reestructuraciones de Colciencias (1991, 2009 y 2019)	72
Cuadro 3. Programas especiales de Bancóldex para el financiamiento de la CTI	82
Cuadro 4. Ejemplos de obras que pueden ser objeto de inscripción en el RNDA	108
Cuadro 5. Clasificaciones y definiciones de capacidades de innovación, según varios autores	120
Cuadro 6. Tipología de Miles y Snow	142
Cuadro 7. MEGA del Grupo Empresarial EPM en 2009.....	149
Cuadro 8. Tipo de decisiones estratégicas según el nivel jerárquico organizacional	156
Cuadro 9. Objetos de análisis, dimensiones de análisis y taxonomías	157
Cuadro 10. Ilustración del método de puntaje (scoring).....	182
Cuadro 11. Organizaciones mecanicistas y orgánicas.....	205
Cuadro 12. Ejemplo de lista de chequeo para la puerta 1.....	220
Cuadro 13. Ejemplo de lista de chequeo para la puerta 3.....	226
Cuadro 14. Técnicas de creatividad para la innovación documentadas por la Fundación Neuronilla.....	273
Cuadro 15. Descripción parcial de técnicas de creatividad para la innovación seleccionadas del sitio web de la Fundación Neuronilla.....	273
Cuadro 16. Selección de técnicas de análisis estratégico descritas en Mind Tools	284
Cuadro 17. Descripción resumida de técnicas seleccionadas de Mind Tools..	285
Cuadro 18. Etapas del Ciclo de Vida del Producto	291

PRÓLOGO

La versión del libro que aquí se presenta corresponde a la primera edición formal de los textos que el autor circuló, a manera de notas para un curso universitario, a partir del año 2010. Ha sido escrito teniendo en mente a aquellos que quieren introducirse al conocimiento y la práctica de la Gestión de la tecnología y la innovación empresarial en el contexto de los temas, problemas e intereses que surgen en un país que, como Colombia, ingresa tardíamente a este campo especializado de conocimiento y práctica profesional. Dos tipos de personas constituyen este público: los estudiantes universitarios, a quienes se ofrece un texto guía en la materia, y aquellos interesados en el tema por sus responsabilidades y perspectivas en el medio empresarial, gubernamental y social.

El contenido del texto es de naturaleza esencialmente conceptual y teórica; queda por fuera de su alcance el tratamiento a profundidad de las muchas y variadas herramientas de gestión que se han desarrollado para asistir al practicante, excepto por la introducción que se hace de estas en el capítulo 10. Sin embargo, bajo circunstancias apropiadas, se espera que el lector que asimile adecuadamente el material del texto, pueda luego construir un conocimiento más especializado sobre los tópicos de su interés a partir de estudios avanzados y de la integración de su propia experiencia profesional, así como desarrollar conocimientos y competencias prácticas en el dominio de los instrumentos de gestión disponibles en la literatura.

Las razones para escribir el texto son, principalmente, dos. La primera, de carácter objetivo, está sustentada racionalmente en la importancia de brindar a los estudiantes universitarios una sólida fundamentación en la Gestión de la tecnología y la innovación empresarial, como un campo de conocimiento esencial para el desempeño profesional en las organizaciones actuales. La

segunda, de carácter personal y subjetivo, tiene que ver con la percepción del autor de la necesidad de elaborar un texto de estudio y consulta que, primero, oriente el aprendizaje y la práctica en la materia; segundo, que recoja el conocimiento y la experiencia del autor como profesional dedicado de tiempo completo al tema desde finales de los 80; y, finalmente, pero no menos importante, que sea de libre y conveniente acceso para todos los interesados.

Sobre la importancia de enseñar la Gestión de la tecnología y la innovación empresarial a los estudiantes universitarios se ha estado debatiendo desde hace ya varias décadas en asociaciones científicas como la International Association for Management of Technology (Iamot) y la Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica (Altec). En el contexto de estas colectividades y desde la comprensión teórica de los procesos de desarrollo y su relación con el conocimiento, surgen las propuestas de contenidos temáticos para los estudios en innovación y gestión tecnológica, así como las responsabilidades que las universidades deben asumir, de cara a la generación de conocimiento y a la formación de profesionales idóneos en la materia (Khalil, 1998).

La importancia de la gestión tecnológica es clara y ha sido reconocida de tiempo atrás en foros de jerarquía indiscutible, como el National Research Council (NRC) de los Estados Unidos. En el informe titulado *Management of Technology: The Hidden Competitive Advantage* (USA. National Research Council, 1987), este consejo identificó en su momento y con gran preocupación, la brecha existente entre el conocimiento y la práctica de la ingeniería y las ciencias, por una parte, y la administración y la gestión empresarial, por otra. El reporte concluye señalando la imperiosa necesidad de apoyar tanto la educación como la investigación en el campo de la gestión tecnológica. Creemos que las preocupaciones y recomendaciones de este reporte son todavía vigentes para países como Colombia.

Los esfuerzos en esta dirección tienen que ser claros y explícitos. Los analistas y expertos en el tema señalan que, en ausencia de programas adecuados de gestión tecnológica, los contenidos de los programas a nivel tanto de ingeniería como de administración empresarial, tienden a concentrarse en asuntos tecnológicos y empresariales bien establecidos por sus respectivas comunidades académicas, dejando un vacío de vital importancia para que las organizaciones productivas puedan encarar con éxito el desafío de la Sociedad del Conocimiento.

Precisamente aquí, la gestión de la tecnología y la innovación empresarial entra a jugar un papel fundamental en la formación de los profesionales que requieren las organizaciones modernas. En términos del NRC, este campo de estudios integra aportes de las disciplinas de la ingeniería, las ciencias y la administración para planear, desarrollar e implementar capacidades tecnológicas que configuren y alcancen los objetivos estratégicos y operacionales de una organización (Khalil, 1998, p. 10).

En conclusión, el conocimiento, la tecnología y la innovación están cambiando radicalmente los fundamentos de la competitividad en el mundo actual de los negocios y las organizaciones y constituyen, sin duda alguna, factores esenciales de crecimiento económico, bienestar social y desarrollo humano. La Gestión de la Tecnología y la Innovación empresarial, como campo de conocimiento científico y fundamento de políticas, estrategias, procesos y herramientas organizacionales, es una de las claves del dominio de estos factores de éxito competitivo y bienestar social perdurable.

En este sentido, y para contribuir desde una perspectiva académica a que la sociedad afronte con éxito los retos del conocimiento, la tecnología y la innovación, el Departamento de Ingeniería de la Organización de la Facultad de Minas ha venido impulsado una línea de profundización e investigación en innovación y gestión tecnológica, como un espacio de trabajo académico, interdisciplinario e interinstitucional, que posibilita a los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia asimilar y aplicar conocimientos de gestión de la tecnología y la innovación empresarial.

Este espacio busca también impulsar el trabajo conjunto e interdisciplinario de estudiantes y docentes, de manera que permita el abordaje de temas pertinentes con continuidad, profundidad y masa crítica de recursos. Así, la Universidad estará en mejores condiciones para asumir sus responsabilidades, por una parte frente a la generación de conocimiento sobre las dinámicas de la innovación y el desarrollo tecnológico desde una perspectiva propia y, por otra, frente a la formación de profesionales capaces de contribuir eficazmente a dinamizar el desarrollo tecnológico empresarial y los sistemas de innovación en sus dimensiones nacional, regional y local.

La idea del texto surgió originalmente de la necesidad de contar con un documento de referencia básica para los cursos de Innovación y Gestión Tecnológica. En este sentido, el autor expresa su agradecimiento a la Universidad Nacional, por los espacios generosos que abrió para que el texto

fuera posible, y a las personas que contribuyeron a la estructuración de los cursos, incluyendo, por supuesto, a los estudiantes mismos. En particular, al profesor José Javier Aguilar Zambrano, con quien compartió inicialmente los retos de la Subdirección de Innovación y Desarrollo Empresarial de Colciencias, y luego varios de los cursos y proyectos de investigación y asesoría empresarial en la Universidad; con él fueron desarrolladas muchas de las aproximaciones e ideas que se exponen en este libro. Estos agradecimientos son extensivos a las personas que hicieron comentarios sobre los borradores previos; especialmente, las contribuciones de la profesora María Alejandra Echavarría Arcila, del Centro de Propiedad Intelectual de la Universidad Pontificia Bolivariana, por su revisión de los temas sobre propiedad intelectual y contratación de tecnología. Finalmente, el autor agradece a los empresarios con quienes ha trabajado temas de innovación y gestión tecnológica, que no solamente le abrieron generosamente las puertas de sus empresas, sino que se involucraron en sus proyectos de investigación y asesoría, fuente de generación y validación del conocimiento aquí expuesto.

Jorge Robledo Velásquez

Medellín, febrero de 2020

INTRODUCCIÓN

El análisis de las experiencias de desarrollo económico y social de países cuyos principales indicadores muestran una tendencia positiva en años recientes, tipo Malasia, Singapur, Corea e Israel, revelan que su desarrollo estuvo basado en la capacidad de la sociedad para transformar —mediante procesos de innovación— el conocimiento científico y tecnológico en valor agregado económico y bienestar social.

Como resultado, estos países no solo han alcanzado altas tasas de crecimiento del PIB y del PIB *per cápita*, sino que ese crecimiento se ha traducido en altos niveles de empleo, en el aumento de los salarios y en el crecimiento y la diversificación del consumo final. Igualmente, muestran valores elevados del Índice de Desarrollo Humano, que recoge variables como la esperanza de vida y el nivel de educación de la población.

Otros países no han sido tan exitosos en el desarrollo de sus economías. Colombia, por ejemplo, presenta una economía en la cual el valor agregado de sus productos es bajo y guarda poca relación con la ciencia, la tecnología y la innovación; sus ventajas competitivas provienen, predominantemente, del bajo costo relativo de la mano de obra y el favorable acceso a recursos naturales. La participación del sector industrial en el PIB es todavía débil frente al aporte del sector primario agropecuario y minero-energético. Las empresas industriales compiten con productos poco sofisticados tecnológicamente y de sectores tradicionales como el de alimentos, bebidas, industria metalmecánica, cuero y sus manufacturas, tabaco, madera y papel, textiles, confecciones, plástico y productos químicos tradicionales. En Antioquia, particularmente, la estructura productiva reproduce el mismo patrón, el cual se evidencia en el sector industrial la producción de alimentos y bebidas, textiles y confecciones.

Esta estructura productiva ofrece pocas posibilidades de prosperidad para el país y la región antioqueña. Como lo demostró ECSIM en su proyecto ‘Colombia 9000.3’, el modelo productivo actual de la economía colombiana, basado en bienes y servicios de bajo valor agregado, no permitirá ingresos *per cápita* superiores a los 3.000 dólares ni niveles sostenidos de desempleo por debajo del 10%, aunque se logre un aumento moderado en las exportaciones y el consumo interno. Solamente logrando altas tasas de productividad basadas en crecientes niveles de innovación, será posible construir una sociedad con ingresos *per cápita* cercanos a los 9.000 dólares, niveles de desempleo iguales o inferiores al 4 % y una mayor vinculación de la población a la generación y el disfrute del bienestar.

Conclusiones similares se alcanzan para Antioquia en el marco del mismo proyecto. Todo parece indicar, entonces, que el futuro deseable y posible del país y la región pasa necesariamente por el conocimiento científico y tecnológico y su transformación en riqueza y bienestar, mediante procesos de innovación. Como concluyó en su momento uno de los informes de la Agenda de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico para Medellín y Antioquia: “El único camino viable para un crecimiento económico sostenible y una mayor vinculación de la población a la generación de bienestar, es la creación de nuevas capacidades sociales para la producción de bienes de mayor valor agregado, y para la innovación en nuevos productos intensivos en tecnología y conocimiento” (Aubad, Gómez, Ospina & Niebles, 2003, pp. 30-31).

El análisis de lo que los economistas llaman Productividad Total de los Factores (PTF), que recoge el efecto de otros factores diferentes al capital y el trabajo sobre la producción, nos lleva también a constatar el atraso de Colombia (y de la región latinoamericana) respecto a lo que ha sucedido recientemente en otros países. Específicamente, nuestro interés recae en el factor ‘cambio tecnológico’ y una de sus principales causas, la I+D, central en el crecimiento de la PTF. Esta preocupación surge por las evidencias que indican que la PTF de los países de la región ha desmejorado comparativamente frente a otros países, especialmente Estados Unidos, país usado frecuentemente como referente.

Es claro que, para los países de la región, no se ha verificado la ‘hipótesis de la convergencia’, razonable en el marco de ciertos presupuestos teóricos de la economía neoclásica; por el contrario, estamos siendo testigos de un

fenómeno de ‘divergencia’. En efecto, la brecha de productividad, en vez de cerrarse, se ha ampliado, pasando del 27% en 1960 al 48% en el 2010 (Crespi, Fernández-Arias & Stein, 2014), fenómeno que se relaciona con el aumento en la brecha de riqueza económica, medida por el PIB *per cápita*, que exhiben estos países frente al mundo desarrollado. Más específicamente, la ampliación de la brecha de productividad obedece al pobre desempeño *de la PTF, puesto que la productividad del capital y del trabajo ha mejorado* relativamente, contribuyendo al cierre de la brecha, pero sin lograr contrarrestar el efecto negativo de la PTF.

Bajo los análisis anteriores se hace imprescindible reconocer el papel de la creación de valor a través de procesos de innovación intensivos en conocimiento científico y tecnológico. Sin embargo, la generación e incorporación de conocimiento a los sistemas productivos y su transformación en riqueza económica y bienestar social no es algo sencillo de lograr, esto es, no sucede a través de procesos simples de generación-uso y compra-uso de conocimiento. Nuevas formas de competencia; de creación de mercados; de difusión, uso, generación y reproducción de conocimiento; de producción de bienes y servicios; de modificaciones radicales en las formas de vida y hábitos en la sociedad, generan nuevos retos en las organizaciones y exigen en ellas flexibilidad y capacidad de adaptación, de innovación, de apertura y de generación de nuevos mecanismos de direccionamiento estratégico.

Ahora bien, si los actuales desafíos de las organizaciones se enfrentan sobre la base de la generación e incorporación creciente de nuevos conocimientos a la producción de bienes, servicios, materiales y *software*, es necesario, entonces, cambiar muchas concepciones, métodos, prácticas y relaciones imperantes en las organizaciones e introducir nuevas estrategias orientadas al aprendizaje continuo, la generación de valor y la integración organizacional a través de la construcción de capacidades empresariales sostenible a largo plazo. La innovación (entendida como la generación de conocimiento científico y tecnológico y su transformación en riqueza económica, bienestar social y desarrollo humano) se constituye, entonces, en uno de los principales mecanismos para generar organizaciones productivas perdurables, económicamente rentables, socialmente responsables y ambientalmente viables, que contribuyan a aumentar la calidad de vida de la sociedad en su conjunto.

Al ser la variable tecnológica condición necesaria en la construcción de una sociedad próspera, no es, sin embargo, un bien que se genere en forma exógena al sistema económico y que se pueda adquirir e incorporar adecuadamente en un medio diferente a aquel en el cual fue creado (ver, por ejemplo, Katz, 1987; Freeman, 1989; Cimoly & Dosi, 1994). La dimensión tecnológica posee dinámicas internas que imposibilitan tal cosa: se requiere un proceso de adaptación a condiciones locales, así como dinámicas de aprendizaje y dominio del conocimiento que permitan desarrollos innovadores propios. En este contexto, la construcción y acumulación de capacidades tecnológicas y de innovación, supone una trayectoria de aprendizaje tecnológico que depende de las características del medio y de las condiciones internas de las empresas, que lo facilitan o lo limitan, pero que, en cualquier caso, determinan trayectorias y ritmos diferentes en cada país, región, sector y empresa.

El entorno productivo, la historia y las características intrínsecas de la empresa resultan, así, fundamentales en el desarrollo tecnológico y, por ende, en la competitividad. La dinámica tecnológica está estrechamente ligada a factores como la cultura empresarial, la integración organizacional, los estilos de gerencia, el diseño de los procesos productivos y los sistemas de incentivos del cambio técnico.

Como consecuencia:

- Los procesos de desarrollo no pueden descansar en la modernización del aparato industrial como simple compra y transferencia de tecnologías incorporadas a los bienes de capital. Al contrario, cada vez es mayor el reconocimiento del papel central que juegan las tecnologías blandas, esto es, administrativas y de gestión, según lo demuestran las experiencias de ciertos países en los que las formas de organización de los procesos de producción y prácticas gerenciales han resultado fundamentales para el desarrollo sistemático de la tecnología y el mejoramiento continuo, que son la base para sostenerse y ampliar mercados en los cuales la competitividad se fundamenta en la capacidad de investigación e innovación.
- Las relaciones que las empresas establezcan con su entorno socioeconómico son de vital importancia, de orden nacional, regional y local; por ello se requiere que las dinámicas del desarrollo tecnológico y la innovación sean entendidas desde una perspectiva sistémica que revele la multiplicidad de agentes, la complejidad de las relaciones y la naturaleza social de

los procesos de aprendizaje tecnológico (Freeman, 1987; Lundvall, 1988; Nelson, 1993; Esser, Hillebrand & Messner, 1996).

- En la actual Sociedad del Conocimiento, las actividades que producen, difunden y apropian conocimiento científico-tecnológico cobran una importancia indiscutible, así como también el desarrollo y acumulación de las capacidades tecnológicas que las posibilitan y su permanente reconfiguración mediante estrategias organizacionales adecuadas (Teece, Pisano & Shuen, 1997; Freeman & Soete, 1997).
- Igualmente, se vuelve primordial la comprensión, construcción e interrelación de instituciones, formas organizacionales y procesos de gestión para generar y aplicar creativamente el conocimiento científico y tecnológico (centros de desarrollo tecnológico, centros y grupos de investigación, incubadoras empresariales, centros de productividad, etc.).

El presente texto busca contribuir a la comprensión de los complejos fenómenos que unen la tecnología y la innovación al crecimiento, el bienestar y el desarrollo, desde la perspectiva de la gestión empresarial. El texto está dividido en diez capítulos, cada uno de los cuales desarrolla un tema central de una manera introductoria, buscando establecer los fundamentos conceptuales y teóricos que otorguen al lector una comprensión básica de los problemas y propuestas de la Gestión de la Tecnología y la Innovación Empresarial:

El capítulo 1 introduce los conceptos fundamentales relacionados con la ciencia y la tecnología, la investigación y el desarrollo experimental (I+D).

El capítulo 2 define y clasifica la innovación empresarial y otros conceptos relacionados, basándose, fundamentalmente, en las propuestas del *Manual de Oslo* y los criterios que este manual propone para su medición y análisis. Igualmente, hace una presentación de los modelos de innovación, los sistemas nacionales de innovación y las unidades de interfaz entre la investigación y la producción.

El capítulo 3 describe el marco institucional y las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación en Colombia, haciendo un recuento histórico y un análisis de su desarrollo reciente, y presenta de manera sucinta los principales instrumentos jurídicos, financieros y fiscales que se utilizan para el fomento y la promoción pública de la ciencia, la tecnología y la innovación en el país.

El capítulo 4 hace una introducción a la gestión de la propiedad intelectual, exponiendo la justificación y naturaleza de los sistemas que la protegen, describiendo el marco institucional y normativo que rige el sistema colombiano y presentando las distintas modalidades de protección disponibles para la gestión de la innovación.

El capítulo 5 presenta una propuesta de modelo sistémico de gestión de la innovación empresarial, en el marco conceptual de la Perspectiva de los Recursos y Capacidades. La propuesta está basada en el Modelo de Congruencia de Nadler y Tushman (1997) y la literatura reciente sobre capacidades de innovación. La aplicación del modelo propuesto conduce a un diagnóstico de la gestión de la innovación en la empresa, y abre la posibilidad de pasar del diagnóstico a un plan de fortalecimiento de dicha gestión.

El capítulo 6 hace una introducción conceptual y metodológica a la gestión estratégica de la innovación, que inicia con una reflexión sobre su importancia, para justificar la necesidad de una estrategia en este campo de la gestión; luego presenta las propuestas de Pavitt y Porter que contribuyen al análisis sectorial, importante como un componente del análisis estratégico, y continúa con las principales clasificaciones propuestas sobre las estrategias de innovación. El cuerpo principal del capítulo se centra en el ciclo de gestión estratégica de la innovación, que aborda desde una perspectiva racionalista. Al final, concluye con una introducción a la Perspectiva de los Recursos y Capacidades y al aprendizaje organizacional.

El capítulo 7 se enfoca, inicialmente, en la gestión de portafolios de proyectos de I+D+i, que aborda desde las propuestas de Cooper, Edgett y Kleinschmidt (2001), terminando con la presentación de un esquema conceptual y metodológico para la gestión de proyectos de I+D+i.

El propósito del capítulo 8 es hacer una introducción a las dimensiones formal e informal de la organización en la perspectiva de la innovación, con algunas propuestas específicas de estructura y procesos que pueden servir de punto de referencia para la construcción de organizaciones innovadoras en nuestro medio. Complementando el tema de estructura y procesos, al final del capítulo se hacen algunas consideraciones básicas sobre la organización informal, buscando caracterizar aquellos rasgos de cultura y clima organizacional que facilitan o dificultan la innovación en la empresa.

El capítulo 9 hace una aproximación introductoria a los temas de valoración, negociación y contratación de tecnología, actividades que la empresa

debe abordar cuando decide acceder a tecnología externa o explotar comercialmente la tecnología que posee. El propósito del capítulo es brindar al lector una aproximación básica a los conceptos y métodos más utilizados, buscando darle elementos para su comprensión y aplicación elemental y para una posterior eventual profundización.

Finalmente, en el capítulo 10 se introduce un conjunto de herramientas útiles para la gestión de la innovación, aplicable a la creatividad, la inteligencia organizacional, el análisis y la planeación estratégicos.

1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES SOBRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Introducción

Para entender la Gestión de la tecnología y la innovación es necesario analizar la naturaleza de la ciencia y la tecnología, así como sus procesos de creación, transformación y aplicación. De allí la importancia de construir unos sólidos conceptos fundamentales sobre la ciencia y la tecnología, así como sobre la actividad de investigación y desarrollo experimental, sobre la cual descansa la generación y aplicación creativa del conocimiento científico y tecnológico. Estos serán los temas que se abordarán en el presente capítulo.

Ciencia y tecnología

La ciencia y la tecnología son términos ampliamente utilizados debido a la percepción cada vez mayor que existe sobre su importancia para el desarrollo económico y social. Sin embargo, su significado es todavía vago e impreciso para la mayoría. ¿A qué se refieren, después de todo? En este texto vamos a utilizar las clasificaciones y convenciones que ha venido impulsando la Unesco desde hace varias décadas, que define las actividades científicas y tecnológicas como todas aquellas actividades sistemáticas que están estrechamente relacionadas con la generación, avance, difusión y aplicación del conocimiento científico y técnico en todos los campos de la ciencia y la tecnología (Unesco, 1984, p. 17).

Unesco clasifica las dichas actividades en tres grandes grupos, a saber:

1. Investigación y Desarrollo Experimental (I+D)

2. Educación y entrenamiento científico y tecnológico de tercer nivel
3. Servicios científicos y tecnológicos

Según lo anterior, cuando se habla de ‘ciencia y tecnología’, se está haciendo referencia a un amplio conjunto de actividades que no se restringen a la investigación científica y tecnológica, sino que abarcan también actividades de enseñanza, entrenamiento y servicios que incluyen la consultoría y asesoría especializadas, los sistemas de información científica y tecnológica, y los sistemas de normas y calidades, entre otras.

Las respuestas del hombre

Podríamos definir la ciencia como un sistema cultural creado por el hombre para responder de cierta manera preguntas sobre sí mismo, sobre la sociedad, la cultura y la naturaleza. Sin embargo, la respuesta científica no es la única respuesta posible. Muchas preguntas han sido respondidas desde otros sistemas de ‘conocimiento’, igualmente válidos, como la religión, la estética y la ética. Inclusive, hay respuestas que por mucho tiempo fueron construidas desde la mitología y que, a pesar de que entraron en franca decadencia con la Modernidad, guardan similitud con las prácticas actuales de la astrología y otras ‘ciencias ocultas’ semejantes.

Entonces, ¿cuál es la peculiaridad de la respuesta científica? Algunos epistemólogos y filósofos de la ciencia se refieren a esta pregunta como ‘el criterio de demarcación’. En particular, por ejemplo, Popper (1963) propuso un criterio de demarcación que se ha dado en llamar Falsacionismo de Popper o Criterio de Falsación de Popper. En lo fundamental, este criterio propone que, para considerarse ‘científico’, un enunciado debe admitir la posibilidad de ser falso y, eventualmente, ser sustituido por otro.

Por otra parte, el hombre, desde sus mismos orígenes, ha resuelto preguntas y problemas de orden práctico relativos a su vida cotidiana, particularmente en lo referente a la producción, almacenamiento, distribución y consumo de productos. Durante muchos siglos esto lo hizo sin un entendimiento de los fenómenos subyacentes a tales prácticas. Es lo que conocemos como ‘técnicas’, cuya esencia era el saber empírico y las habilidades de las personas que las dominaban. Después, tales técnicas fueron enriquecidas con conocimiento de tipo científico proveniente de las nuevas ciencias que poco a poco comenzaban a desarrollarse, y se convirtieron en lo que conocemos actualmente como ‘tecnologías’. Todavía hoy, las tecnologías se

caracterizan por ser un complejo sistema de conocimientos y habilidades, en el que se mezclan los conocimientos científicos con aquellos de índole empírica asociados a las técnicas que les sirven de base.

Ciencia y tecnología: ¿en qué se parecen y en qué se diferencian?

En lo fundamental, entonces, consideramos que la ciencia y la tecnología están constituidas por ‘conocimiento’; en otras palabras, son el cúmulo de conocimiento que la humanidad ha desarrollado en su afán de dar cierto tipo de respuestas a sus interrogantes sobre el hombre, la sociedad, la cultura y la naturaleza. Tal cúmulo de conocimiento, en su estado actual y sobre cierta materia específica, es lo que denominamos ‘estado del arte’. Es, por cierto, un conocimiento no inmutable, que se mantiene en constante cambio. Por ello hablamos del ‘avance científico’ y del ‘desarrollo tecnológico’, refiriéndonos a este proceso constante de evolución del conocimiento científico y tecnológico.

Sin embargo, Ciencia y Tecnología no son lo mismo; a pesar de que ambas son, en lo fundamental, conocimiento, tienen elementos que las diferencian, los cuales deben tenerse en cuenta para formular políticas y adelantar una gestión exitosa de ambas (ver Pavitt, 1987; 1991). Las diferencias son varias, entre ellas:

El conocimiento científico se refiere a la comprensión fundamental de fenómenos y hechos naturales, sociales, culturales y humanos, y pretende ser generalizable y reproducible en el tiempo y el espacio. La tecnología no solamente involucra conocimiento (que puede ser científico o empírico), sino también habilidades; está asociada fundamentalmente a productos (bienes y servicios) y procesos (productivos y de gestión) y es altamente específica y localizada.

La ciencia se realiza principalmente a través de actividades de investigación básica; sus principales agentes son los científicos e investigadores que trabajan en universidades, laboratorios y centros de investigación, y sus productos principales son las publicaciones científicas. Tiene un carácter más disciplinario que interdisciplinario. La tecnología se realiza principalmente a través de la investigación aplicada y el desarrollo experimental, e involucra actividades técnicas llevadas a cabo por ingenieros, personal técnico y otros profesionales, quienes trabajan principalmente en empresas y producen inventos e innovaciones a nivel de bienes, servicios y procesos, que con

frecuencia conducen a patentes y registros. A diferencia de la ciencia, tiene un carácter más interdisciplinario que disciplinario. Estas principales diferencias entre Ciencia y Tecnología se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Principales diferencias entre Ciencia y Tecnología

	Ciencia	Tecnología
Propósito	Comprensión fundamental de fenómenos y hechos naturales, sociales, culturales y humanos.	Desarrollo, producción y distribución de productos; desarrollo e implantación de procesos.
Esencia	Conocimiento científico.	Conocimiento científico, conocimiento empírico, habilidades.
Insumos	Una o pocas disciplinas.	Múltiples disciplinas.
Actividades centrales	Investigación básica.	Investigación aplicada y desarrollo experimental, diseño, pruebas y ensayos, control de calidad.
Agentes	Científicos.	Ingenieros, técnicos y profesionales.
Lugar de producción	Universidades, laboratorios y centros de investigación.	Empresas y centros de desarrollo tecnológico.
Productos	Publicaciones científicas.	Inventos e innovaciones relacionadas con bienes, servicios y procesos.
Características del conocimiento producido	Generalizable, reproducible, explícito, publicable.	Específico, localizado, en gran parte tácito, protegible.

Fuente: elaboración del autor con base en Pavitt (1987, 1991).

Sin embargo, sobre todo en ciertos campos del conocimiento, las diferencias entre Ciencia y Tecnología son cada vez más difusas, dando paso a lo que se ha denominado la ‘tecnociencia’. Esto parece ser más claro, por ejemplo, en relación con la Biotecnología y otras de las ‘nuevas tecnologías’, que encuentran su lugar de desarrollo privilegiado en entornos productivos que cuentan con una base de investigación básica supremamente sólida.

Datos, información, conocimiento, inteligencia y sabiduría

El conocimiento, entonces, constituye la base de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, ¿qué es el conocimiento? Para abordar esta pregunta es conveniente revisar otros conceptos asociados.

Para empezar, el concepto de ‘dato’. Podríamos decir que un dato es el elemento básico de la comunicación. En efecto, los sistemas de comunicación están contruidos sobre conjuntos limitados de datos que los hacen posibles. En la actualidad hemos desarrollado sistemas altamente complejos de comunicación basados en dos datos elementales: 0 y 1 (o cualquier par de elementos diferenciables: punto y raya en el Código Morse, presencia o ausencia de magnetismo en las memorias de almacenamiento de los primeros computadores, etc.). Incluso, hoy podemos afirmar que la vida misma está contruida a partir de solo cuatro datos elementales (guanina, citosina, adenina y timina, las bases del ADN).

Sin embargo, los datos por sí mismos no dicen nada. Una serie de puntos y rayas no tiene sentido para alguien que no lea en Código Morse. Para que los datos adquieran significado es preciso ponerlos en un contexto interpretativo, de tal manera que el conjunto de datos y contexto interpretativo en el que los datos adquieren significado es lo que llamamos ‘información’. En los sistemas modernos de información computarizada este contexto interpretativo es capturado en gran parte por un conjunto particular de datos que se conocen como ‘metadatos’.

Algo similar ocurre con la construcción de conocimiento a partir de información. La información, en sí misma, es normalmente insuficiente para construir pleno conocimiento sobre un objeto, hecho o fenómeno. Para ello se requiere contextualizar la información en un marco interpretativo que la relacione con otro cúmulo de experiencias e información disponible. Normalmente nos referimos a tal contexto interpretativo, en lo que tiene que ver con el estado del arte de las disciplinas involucradas, como ‘marco teórico’.

La diferencia entre datos, información y conocimiento es un tema recurrente en la literatura sobre Gestión del Conocimiento. En general, los planteamientos encontrados son básicamente coincidentes. Como ilustración, el cuadro 1 presenta la propuesta de Davenport (1997), considerada como típica de este tipo de literatura.

Sin embargo, la capacidad de la humanidad de contextualizar no para allí. De forma similar podría decirse que el conocimiento puede ser contextualizado e interpretado de determinadas maneras, llevando a tomas de decisión ‘inteligentes’¹. Aún más, quizás sería posible decir que conocimiento e inte-

¹ Al respecto, ver la ‘pirámide informacional’, figura 38, capítulo 10.

ligencia pueden ser puestos en contextos éticos, axiológicos y teleológicos tales, que conducirían a algo que llamaríamos ‘sabiduría’.

Cuadro 1. Diferencias entre datos, información y conocimiento

Datos: Observaciones simples de los estados del mundo:

- Fácilmente estructurables
- De sencilla captura en máquinas
- Frecuentemente cuantificables
- De sencilla transferencia

Información: Datos dotados de relevancia y propósito:

- Requieren unidad de análisis
- Es necesario consenso sobre su significado
- Es necesaria la mediación humana

Conocimiento: Información procesada por la mente humana que incluye reflexiones, síntesis y contextos:

- Difícil de estructurar
- Difícil de capturar en máquinas
- De manera frecuente es tácito
- Difícil de transferir

Fuente: elaboración del autor con base en Davenport (1997).

Esta progresión de los ‘datos’ a la ‘sabiduría’ arroja luz sobre los tipos de riesgos que enfrentan las organizaciones en la que Drucker (1969) denomina ‘economía del conocimiento’. Estos riesgos los podríamos clasificar como:

- **El riesgo de los datos:** no tener los datos correctos, tener mal los datos correctos o tener bien los datos incorrectos.
- **El riesgo de la información:** dados los datos correctos buenos, no interpretarlos bien.
- **El riesgo del conocimiento:** dados los datos correctos buenos y bien interpretados, no entender su significado en el contexto de la misión de la organización.
- **El riesgo de la inteligencia:** dados los datos correctos buenos, bien interpretados y entendidos en el contexto de la organización, no comprender las implicaciones que tienen para las decisiones estratégicas de la misma.

- **El riesgo de la sabiduría:** Dados los datos correctos buenos, bien interpretados, entendidos en el contexto de la organización y comprendidas sus implicaciones estratégicas, no ver sus impactos humanos, sociales y ambientales.

Tipos de conocimiento y naturaleza de la tecnología

La importancia del conocimiento para entender la ciencia y la tecnología y su dinámica de desarrollo, ha llevado a los investigadores y practicantes de la economía, la gestión tecnológica y otros campos de estudio afines, a tratar de comprender la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico y sus manifestaciones en contextos organizacionales. En particular, desde esta perspectiva, dos tipos específicos de conocimiento son relevantes: el conocimiento explícito y el conocimiento tácito.

El conocimiento explícito puede ser definido **como** conocimiento altamente refinado, que consiste en descripciones de hechos, conceptos, juicios y relaciones entre ‘fragmentos de conocimiento’, tal como se presenta en libros y documentos escritos (Wiig, 1993, p. 11). En cambio, el conocimiento **tácito** consiste en un conocimiento complejo, difuso y en su mayoría sin refinar, acumulado como *know-how* y comprensión en la mente de personas conocedoras (Wiig, 1993, p. 11). En la práctica, el conocimiento tácito reside en los empleados y trabajadores y se va con ellos cuando salen de la organización. El conocimiento explícito es conocimiento documentado y permanece en la organización aun cuando las personas se vayan. De aquí el esfuerzo que muchas organizaciones hacen por documentar sus procesos y promover que el personal convierta en explícito el conocimiento que posee y que sea de interés para la organización. Aún más, con el advenimiento de la Inteligencia Artificial y sus aplicaciones, se están haciendo esfuerzos cada vez más exitosos por codificar el conocimiento de los expertos y transferirlo a sistemas robóticos e informáticos.

Según las anteriores definiciones, podríamos afirmar que la información constituye el componente explícito del conocimiento. Este componente está altamente desarrollado en las ciencias, lo cual explicaría, al menos en parte, la popularidad de los artículos, libros y documentos en la práctica comunicativa de los científicos. Sin embargo, en relación con la Tecnología, este componente explícito está débilmente desarrollado; es decir, la tecnología es solo parcialmente información, siendo de forma significativa conocimiento tácito.

Las anteriores consideraciones son importantes para efectos de determinar la naturaleza de la **tecnología**. Una concepción equivocada de la **tecnología** puede llevar a orientaciones de política y gestión con desastrosas consecuencias para el desarrollo de las organizaciones y de los países. En la perspectiva de la economía neoclásica, por ejemplo, la tecnología ha sido incorrectamente conceptualizada como información y, como tal, se ha considerado de fácil y amplia comunicación y difusión, por lo cual su transferencia no constituye un problema significativo. Desde esta perspectiva, la tecnología plantea un reto para quien la crea, pero no para quien la adopta, por lo cual es lógico esperar trayectorias convergentes en el desarrollo de los países. Sin embargo, tal hipótesis, conocida como la Hipótesis de la Convergencia, ha sido desvirtuada por la historia reciente de ciertos grupos de países, que pone en evidencia trayectorias divergentes en sus principales indicadores de desarrollo.

De manera alternativa, la Tecnología se puede conceptualizar como conocimiento, en gran parte tácito. Siendo así, la Tecnología involucra componentes que hacen que su transferencia sea difícil, requiera esfuerzos deliberados, inversión de recursos y acumulación de capacidades tecnológicas específicas para el efecto, lo cual hace que el proceso de transferencia resulte costoso y no siempre exitoso. Estas y otras características de la Tecnología se analizarán con más detalle en la sección siguiente.

¿Qué es la tecnología?

Para empezar, es necesario superar las concepciones reduccionistas de la tecnología que la asimilan a los artefactos y las máquinas. Desde una concepción integral, la tecnología no se agota en estas dimensiones tangibles y pasa a ser, ante todo, un fenómeno social y humano; en **palabras** de Pitt (2000, p. 11), “technology is humanity at work”. Es decir, la tecnología no se reduce a las máquinas, los equipos y las instalaciones físicas que sirven para transformar materias primas, insumos y componentes en bienes y servicios. La tecnología es también información, conocimiento, experiencia, habilidades y organización que, en conjunto con los elementos tangibles antes mencionados, conforman un cuerpo de capacidades dotadas de sentido al crear posibilidades de decisión y acción para el logro de objetivos socialmente reconocidos.

En este sentido, desconocer las dimensiones social y humana de la tecnología es reducirla a un agregado de aparatos y estructuras físicas que rá-

pidamente son ignorados o rechazados por la comunidad como un cuerpo extraño. Desafortunadamente, en los procesos de introducción de nuevas tecnologías, es común que la atención se concentre en sus elementos tangibles, ignorando las capacidades que dan cuenta de las posibilidades de una real apropiación social de las tecnologías y de su posterior mejoramiento y transformación.

La tecnología puede entenderse, **entonces**, como el conjunto de conocimientos, experiencias y relaciones que sustentan el desarrollo, producción y distribución de productos y el desarrollo e implementación de procesos de transformación de materia e información. Esta definición contribuye a **superar las concepciones reduccionistas** de la tecnología. Según Smith y Sharif (2007), la gran variedad de componentes tangibles e intangibles de la tecnología se pueden agregar en las cuatro categorías ilustradas y definidas en la figura 1.

La diversidad de los componentes de la tecnología contribuye a explicar por qué la innovación y el cambio tecnológico es un proceso usualmente complejo, cuyo éxito exige una gestión especializada. En ausencia de capacidades organizacionales adecuadas, las iniciativas de innovación fácilmente fracasan. Esto ha sido ilustrado claramente en el caso particular de las tecnologías avanzadas de manufactura, donde la adopción de nuevas tecnologías implica cambios en los componentes organizacionales, los cuales son más complejos a medida que aumenta el nivel de integración de las tecnologías implementadas, como se ilustra en la figura 2. No obstante, lo mismo puede aplicarse, en mayor o menor medida, a todas las innovaciones tecnológicas.

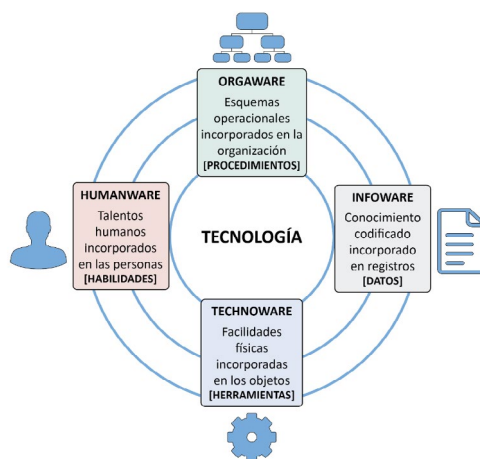


Figura 1. Los componentes de la tecnología

Fuente: elaboración del autor con base en Smith y Sharif (2007).

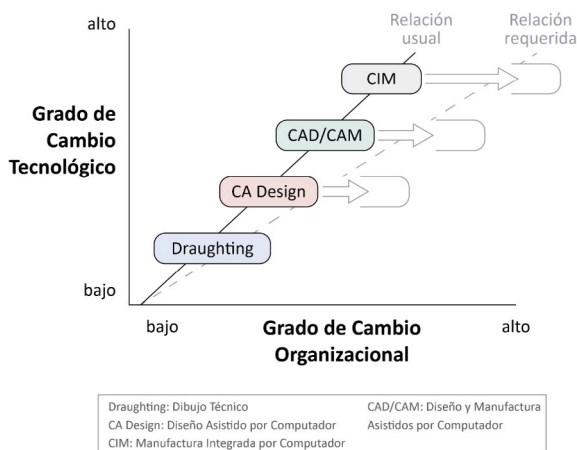


Figura 2. Relación entre cambio tecnológico y cambio organizacional en tecnologías avanzadas de manufactura

Fuente: elaboración del autor con base en Voss (1992).

Complementariamente a esta visión multidimensional y sistémica de la tecnología, los economistas evolucionistas la conciben como un cuerpo de capacidades altamente ‘específicas’ a la organización, ‘tácitas’ y ‘acumulativas’ (Dosi, 1988b), que se desarrolla a lo largo de ciertas ‘trayectorias tecnológicas’ (Dosi, 1982). El carácter de ‘específica’ hace alusión a que la Tecnología adquiere particularidades que la hacen diferente entre distintas organizaciones, generadas por diferencias en las materias primas e insumos locales, la educación y capacitación del personal, las características de la infraestructura local, la articulación con otras tecnologías previamente existentes, las exigencias y requerimientos del mercado atendido, las políticas y valores de la gerencia, las relaciones con clientes y proveedores, las características de la infraestructura científica y tecnológica local, las normas y regulaciones aplicables, etc.

El hecho de que la tecnología sea en gran parte ‘tácita’ refleja la dificultad existente para describirla en forma exhaustiva a través de los medios disponibles para tal fin (textos, dibujos y planos, algoritmos, fórmulas y modelos matemáticos, bases de datos, sistemas expertos, etc.). Esta característica explica los costos y esfuerzos, no siempre exitosos, involucrados en la transferencia tecnológica, en la ingeniería reversa y en el aprovechamiento de la información contenida en las patentes de invención. En definitiva, la evidencia disponible constata la insuficiencia del conocimiento explícito

para dar razón de la Tecnología, lo cual tiene implicaciones significativas para su gestión.

Finalmente, el hecho de que la tecnología sea ‘acumulativa’ y se desarrolle a lo largo de ciertas ‘trayectorias’, hace alusión a su carácter histórico y a los procesos de aprendizaje necesarios para dominarla. En efecto, los estudios han demostrado que las decisiones en materia de tecnología dependen de decisiones tomadas en el pasado y de capacidades previamente acumuladas en la organización y su entorno.

Considerar la tecnología como una capacidad ‘específica’ a la organización, ‘acumulativa’ y en gran medida ‘tácita’, implica que la transferencia de tecnología requiere normalmente mecanismos más complejos que el simple intercambio de información (Imai & Baba, 1991; OECD, 1992; Senker & Faulkner, 1993). Estos mecanismos toman variadas formas, entre las que podemos mencionar: esfuerzos propios de I+D, interacción con universidades y centros de investigación, participación en redes de innovación, relacionamiento con clientes, usuarios y proveedores, interacción con los sistemas de protección a la propiedad intelectual, los sistemas de acreditación, normalización y metrología, y los sistemas de capacitación y entrenamiento, etc. En una palabra, se requiere la acción sistémica, a nivel local y nacional, de un conjunto de instituciones y agentes económicos y sociales, en cuya dinámica se compromete en gran medida el éxito del proceso de desarrollo tecnológico. Este conjunto de elementos sistémicos, que conforman la base de las capacidades científicas y tecnológicas de un país y determinan su potencial de innovación tecnológica, se ha dado en denominar Sistema Nacional de Innovación (Lundvall, 1985; Freeman, 1987; Nelson, 1992) que, como se sabe, tiene también fuertes connotaciones regionales y sectoriales.

Investigación y desarrollo experimental (I+D)

Según el *Manual de Frascati* (OCDE, 2002; OECD, 2015):

La investigación y el desarrollo experimental (I+D) comprenden el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones. (OCDE, 2002, párr. 63)

Es importante advertir que, en el lenguaje cotidiano, muchas veces hablamos de ‘investigación’ para hacer alusión a la I+D y que, en este sentido, la investigación no solo tiene que ver con la generación de nuevo conocimiento, sino también con la aplicación del conocimiento existente para desarrollar nuevos productos y procesos.

En el contexto de tal definición surge una pregunta clave desde una perspectiva normativa: ¿cuándo hay I+D y cuándo no? En otros términos, ¿cuándo puede afirmarse que algo es I+D y, por lo tanto, puede contabilizarse como tal e incluso solicitar los incentivos que para tales actividades se ofrecen por parte del gobierno y otras instituciones? Al respecto, el *Manual de Frascati* (OCDE, 2002) propone un criterio de demarcación que se resume básicamente como:

Existencia en el seno de la I+D de un elemento apreciable de novedad y la resolución de una incertidumbre científica y/o tecnológica; o dicho de otra forma, la I+D aparece cuando la solución de un problema no resulta evidente para alguien que está perfectamente al tanto del conjunto básico de conocimientos y técnicas habitualmente utilizadas en el sector de que se trate. (OCDE, 2002, párr. 84)

Este criterio básico es desarrollado en cinco criterios específicos en la séptima edición del *Manual de Frascati* (OECD, 2015), en los siguientes términos:

1. **Criterio de novedad:** la I+D produce nuevo conocimiento o hallazgos.
2. **Criterio de creatividad:** la I+D está basada en conceptos e hipótesis originales no obvios.
3. **Criterio de incertidumbre:** la I+D involucra incertidumbre en múltiples dimensiones.
4. **Criterio de sistematicidad:** la I+D se lleva a cabo de manera planeada, manteniendo registros de los procesos seguidos y los resultados alcanzados.
5. **Criterio de transferencia y/o reproducibilidad:** la I+D debe producir nuevo conocimiento susceptible de ser usado por otros y sus resultados deben poder ser reproducidos por otros investigadores.

El criterio de novedad en el *Manual de Frascati* se entiende como una ‘novedad absoluta’; es decir, el manual propone que la I+D surge cuando

se genera o aplica conocimiento de forma completamente nueva para la humanidad. Sin embargo, en la práctica, sobre todo de los países en desarrollo, acceder a conocimiento especializado existente para resolver un problema puede ser casi imposible, demasiado costoso o estratégicamente inadecuado, pudiendo resultar mejor recrear tal conocimiento en el sitio y bajo las circunstancias de quien lo requiere. En tales casos, consideramos que es también pertinente hablar de I+D, con todas las consecuencias de tipo normativo que ello implique.

La investigación básica y aplicada

Otra de las propuestas polémicas del *Manual de Frascati* tiene que ver con la clasificación de la I+D (figura 3). Para empezar, distingue la investigación propiamente dicha (la ‘I’ de la ecuación) del desarrollo experimental (D). Esto no es problemático, siempre y cuando se acepte que el desarrollo experimental hace parte del mundo amplio de la ‘investigación’, lo cual no es tan claro en muchos contextos institucionales en los que únicamente se acepta como investigación la generación de nuevo conocimiento y no la aplicación creativa del conocimiento existente. Quizás donde hay más resistencia es en la clasificación de la I en investigación básica y aplicada. El *Manual de Frascati*² propone que:

La investigación básica consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden fundamentalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada. (OCDE, 2002, párr. 240)

A su vez, la investigación básica puede ser ‘pura’ u ‘orientada’:

La investigación básica pura se lleva a cabo para hacer progresar los conocimientos, sin intención de obtener a largo plazo ventajas económicas o sociales y sin un esfuerzo deliberado por aplicar los resultados a problemas prácticos ni transferirlos a los sectores responsables de su aplicación. (OCDE, 2002, párr. 243)

² Las siguientes definiciones están tomadas de la sexta edición (OCDE, 2002, versión en español); la séptima edición (OECD, 2015) las conserva sin modificaciones.

La investigación básica orientada se lleva a cabo con la idea de que producirá una amplia base de conocimientos susceptible de constituir un punto de partida que permita resolver problemas ya planteados o que puedan plantearse en el futuro. (OCDE, 2002, párr. 243)

Por otro lado, “[l]a investigación aplicada consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico” (OCDE, 2002, párr. 245).



Figura 3. Clasificación de la I+D

Fuente: elaboración del autor con base en OECD (2015).

Puede observarse que el criterio de clasificación radica fundamentalmente en la intencionalidad de la investigación, lo cual no resulta convincente para muchos, sobre todo considerando que, independientemente de la intencionalidad, los resultados de la investigación se relacionan con el mundo económico y social de una manera compleja y no necesariamente prevista ex-ante. Aun así, la clasificación se mantiene, sobre todo por su utilidad para establecer si los esfuerzos y recursos privilegian investigaciones realizadas muy lejos o muy cerca de su aplicación social o explotación económica, lo cual muchas veces define el tipo de financiación disponible para tales investigaciones.

El desarrollo experimental

Este es uno de los componentes menos comprendidos de la actividad investigativa. Para empezar, la mayoría de personas, incluyendo gran parte de los investigadores, ni siquiera sabe el significado del término ‘D’ en la ecuación ‘I+D’, asociándolo equivocadamente con expresiones como ‘desarrollo tecnológico’ o simplemente ‘desarrollo’. Mucho menos se da una definición siquiera aproximada de su significado. Para el *Manual de Frascati*, de forma muy precisa,

...el desarrollo experimental consiste en trabajos sistemáticos fundamentados en los conocimientos existentes obtenidos por la investigación o la experiencia práctica, que se dirigen a la fabricación de nuevos materiales, productos o dispositivos, a establecer nuevos procedimientos, sistemas y servicios, o a mejorar considerablemente los que ya existen. (OCDE, 2002, párr. 249)

Es interesante observar que el desarrollo experimental, bajo la definición anterior, corresponde a muchas de las actividades investigativas llevadas a cabo en empresas, centros de desarrollo tecnológico, institutos tecnológicos de educación superior, facultades de ingeniería, facultades de medicina y otras facultades y centros universitarios de disciplinas aplicadas. Aun así, poco se ha trabajado en nuestro medio el significado y alcance de tal actividad.

Otra precisión interesante del *Manual de Frascati* es que el desarrollo experimental no solo tiene sentido en las ingenierías y disciplinas tecnológicas. También existe en las Ciencias Sociales y Humanas, aunque en el caso de estas últimas quizás el concepto sea mucho más difícil de entender. En particular, en el campo de las ingenierías y tecnologías, el desarrollo experimental toma cuerpo en dos tipos de actividades investigativas ampliamente conocidas: el desarrollo de prototipos y el desarrollo de plantas piloto.

Los prototipos son aproximaciones investigativas hechas a los productos tangibles (bienes) en su proceso de desarrollo, que tienen como finalidad principal despejar incertidumbres relacionadas con características constructivas, operativas, funcionales, normativas, económicas y ambientales que no es posible despejar en el laboratorio o con la ayuda de sistemas de diseño. Las plantas piloto son etapas intermedias en el desarrollo o escalamiento de procesos industriales que, al igual que los prototipos, contribuyen a despejar incertidumbres, en este caso referidas a las condiciones reales de operación de las plantas industriales.

2. LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL

Introducción

La ciencia y la tecnología adquieren poca legitimidad social si se agotan en ellas mismas. Su sentido se realiza plenamente cuando son instrumentos de logro de objetivos que las trascienden. De aquí surge la importancia de la innovación en el marco de la Gestión Tecnológica. En lo fundamental, la Gestión Tecnológica hace de la Ciencia y la Tecnología instrumentos de innovación, valga decir, de generación y transformación del conocimiento en riqueza, bienestar y desarrollo. En este capítulo se abordará la innovación empresarial desde sus elementos conceptuales básicos, ligándola con el desarrollo económico, por una parte, y con la organización productiva, por otra, para terminar exponiendo la concepción sistémica de la innovación, eje de los planteamientos teóricos contemporáneos en este tema.

Innovación y desarrollo económico

La palabra ‘innovación’ tiene acepciones comunes como término del lenguaje corriente, las cuales se pueden consultar en los diccionarios de la lengua española. Transcribimos aquí, como ejemplo, las definiciones del Diccionario de la Real Academia:

innovación. (Del lat. *innovatĭo, -ōnis*). **1.** f. Acción y efecto de innovar. **2.** f. Creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado. (Real Academia Española)

innovar. (Del lat. *innovāre*). **1.** tr. Mudar o alterar algo, introduciendo novedades. (Real Academia Española)

Sin embargo, el término tiene también un significado especializado en el contexto de las Ciencias Económicas y Administrativas. Dicho significado, obviamente, introduce una clara diferenciación con aquellos significados que le otorga el lenguaje común. Esto, muchas veces, se presta a confusiones y malentendidos, cuando los interlocutores emplean el término sin precisar, por desconocimiento u omisión, el contexto en el que lo están utilizando.

Quizás fue Schumpeter (1883-1950) quien le dio al término ‘innovación’ su relevancia como concepto especializado en el contexto de la Economía. En contraste con sus colegas, quienes privilegiaban la reflexión en torno a los estados de equilibrio del fenómeno económico y a los problemas relacionados con el comercio y el empleo, Schumpeter veía la economía como un proceso en continuo cambio y orientaba su trabajo a la comprensión de los estados dinámicos de la misma. Para él, el cambio tecnológico y la innovación se encontraban en el centro de los procesos de transformación económica, como una suerte de destrucción creadora responsable de la permanente reconfiguración de los mercados y la producción.

En su trabajo sobre la dinámica del capitalismo, Schumpeter (1939) introdujo una nueva interpretación de los ciclos económicos de Kondratieff, poniendo en el centro de los mismos un conjunto de innovaciones tecnológicas que explicaban en cada ciclo la dinámica expansiva de la economía. Así, Schumpeter pone la innovación como el principal motor del desarrollo capitalista y la más importante fuente de ganancias empresariales (Freeman & Soete, 1997, p. 18). Las características más importantes de tales ciclos son definidas por Freeman y Soete como aparece en la tabla 2, haciendo una reinterpretación y complementación de las propuestas de Schumpeter.

Tabla 2. Ciclos de la economía capitalista y su relación con la innovación

Ciclo	Periodo	Fuente de energía	Recursos clave
Revolución Industrial: fábricas de textiles.	1780 - 1840	Energía hidráulica	Algodón
Era de la potencia del vapor y el ferrocarril	1840 - 1890	Energía del vapor	Carbón y hierro
Era de la electricidad y el acero	1890 - 1940	Electricidad	Acero
Era de la producción masiva (Fordismo) de automóviles y materiales sintéticos	1940 - 1990	Petróleo	Petróleo y plásticos
Era de la microelectrónica y las redes de computadores	1990 - ?	Petróleo y gas	Microelectrónica

Fuente: elaboración del autor con base en Freeman & Soete (1997).

Estamos, pues, ante un fenómeno que es central en el desarrollo capitalista. Por ello, no es de extrañar que la innovación haya atraído tanto el interés de los investigadores y analistas durante las últimas décadas del siglo XX. Sin embargo, esto no siempre fue así, y el cambio tecnológico y la innovación estuvieron durante mucho tiempo relegados a ser factores secundarios en el análisis económico. Como argumentan Freeman y Soete:

Sin embargo, aunque la mayoría de los economistas han hecho un guiño deferente en la dirección del cambio tecnológico, hasta recientemente pocos se habían detenido a examinarlo. Jewkes y sus colegas explican esta paradoja en términos de tres factores: la ignorancia de las ciencias naturales y la tecnología por parte de los economistas; su preocupación por el ciclo comercial y los problemas de empleo; y la falta de estadísticas utilizables (Jewkes, Sawers & Stillerman, 1958). [...]

Este abandono de la invención y la innovación no se debió solo a otras preocupaciones de los economistas ni a su ignorancia de la tecnología; también fueron víctimas de sus propias suposiciones y compromiso con los sistemas de pensamiento aceptados. Estos sistemas tendían a tratar el flujo de nuevos conocimientos, invenciones e innovaciones, como existentes por fuera del marco de los modelos económicos o, **más estrictamente, como ‘variables exógenas’**. Una gran parte de la teoría económica se ocupaba del análisis a corto plazo de las fluctuaciones de la oferta y la demanda de bienes y servicios. Aunque son muy útiles para muchos propósitos, estos modelos generalmente excluyen los cambios en el marco tecnológico y social, bajo los supuestos tradicionales de *ceteris paribus* (en igualdad de condiciones). Incluso, cuando en la década de 1950, los economistas dirigían cada vez más su atención a los problemas del crecimiento económico, mantuvieron en gran medida el tamizaje de ‘otras cosas’, y la atención se concentraba en los factores tradicionales de mano de obra y capital, con el ‘cambio técnico’ como un factor residual que abarca todas las demás contribuciones al crecimiento, como la educación, la gestión y la innovación tecnológica. (Freeman & Soete, 1997, pp. 2-3, traducción del autor)

La tendencia actual es reconocer, siguiendo a Schumpeter, el papel central del cambio tecnológico y la innovación como factores explicativos fundamentales de la dinámica de la economía capitalista y, como tales, otorgarles un espacio privilegiado en las políticas públicas y en la estrategia empresarial.

De la invención a la innovación

Para entender el significado de la innovación como categoría conceptual especializada, es necesario distinguirla de la invención. Esta última es un hecho tecnológico asociado a la creación de nuevos productos y procesos susceptibles de aplicación industrial. Sin embargo, ello no quiere decir que todas las invenciones sean aplicadas y explotadas industrialmente de manera exitosa. De hecho, lo más frecuente es lo opuesto: invenciones que se quedan a nivel de creaciones tecnológicas sin relevancia para la producción y el mercado.

La innovación, en cambio, es un hecho social. Aparece cuando la invención trasciende la dimensión puramente tecnológica y tiene impactos en la producción y el mercado. Es decir, la innovación está asociada a las dinámicas económicas y sociales responsables por la producción y transformación del conocimiento científico y tecnológico en riqueza económica, bienestar social y desarrollo humano.

Sin embargo, la innovación exitosa tampoco sería suficientemente significativa en términos sociales si no hubiera un mecanismo adicional que garantizara altos niveles de impacto. Tal mecanismo es la ‘difusión’ que, como fenómeno y concepto económico, se refiere a la adopción de la innovación que hacen de la misma los agentes económicos y sociales, luego de su primera introducción por el innovador líder.

Desde nuestro punto de vista, el interés se centra en el fenómeno integral de generación y aplicación creativa de conocimiento científico y tecnológico, producción de invenciones, introducción de innovaciones y difusión de las mismas en la sociedad, para lo cual adoptaremos una perspectiva sistémica y construiremos un marco conceptual y propositivo para el abordaje de los problemas de la política y la gestión.

La innovación empresarial

Si bien es cierto que la innovación desborda el marco empresarial y se desarrolla en un contexto social amplio que involucra una gran diversidad de instituciones, nos interesa aquí, particularmente, examinar el ámbito empresarial de la innovación, considerando la importancia que la empresa tiene en este fenómeno. En efecto, sin dejar de reconocer el carácter sistémico de la innovación, sobre lo cual haremos consideraciones más amplias después,

es necesario reconocer el papel crucial que para el éxito de la innovación tienen las empresas, en tanto que organizaciones a través de las cuales la mayoría de las innovaciones emergen asociadas a los productos (bienes y servicios) que comercializan y a los procesos que utilizan en su producción y comercialización.

Congruentemente con la importancia de la empresa para la innovación y, viceversa, de la innovación para el desarrollo empresarial, el proceso de innovación empresarial se ha venido perfeccionando en su gestión y volviendo más efectivo y eficiente en sus resultados.

Uno de los avances más significativos que se han dado en esta dirección lo constituye el surgimiento de la I+D profesional en la industria, lo cual ha posibilitado que las empresas se involucren de lleno en el proceso de generación y aplicación creativa del conocimiento científico y tecnológico, buscando explorar, destrabar y explotar las posibilidades de innovación asociadas a los hallazgos obtenidos o a las oportunidades de mercado detectadas. Esto ha sido así hasta el punto en que un reconocido científico afirmó que el mayor invento del siglo XIX fue el método mismo de invención (citado por Freeman, 1995, p. 9), haciendo alusión a la maquinaria organizacional y a la batería de talentos puestas en marcha en algunas empresas para producir invenciones y explotarlas de manera sistemática y eficiente.

No es de extrañar, entonces, que el tiempo entre invención e innovación se haya acortado tan significativamente en los últimos tiempos, como lo ilustra la **tabla 3**.

Sin embargo, no todas las empresas se sitúan y responden de igual manera frente al reto de la innovación. En ello influyen varios factores, entre los que destacan las características mismas de la empresa y las de su sector de actuación. Para empezar, ya el mismo Schumpeter, en sus primeros escritos (Mark I³), había puesto de relieve las particularidades del perfil del empresario innovador que diferenciaban a aquellos empresarios responsables del éxito innovador, a quienes denominó *entrepreneurs*, de otros empresarios orientados exclusivamente a producir y comercializar de manera tradicional bienes y servicios tradicionales. Obviamente, como el mismo Schumpeter aclaraba, no se trata de ser un emprendedor permanentemente, sino que

³ Así se refieren algunos autores a las proposiciones iniciales de Schumpeter en esta materia, conocidas también como Hipótesis Schumpeterianas I, para diferenciarlas de las proposiciones que aparecen en otros escritos posteriores o Hipótesis Schumpeterianas II.

es un estado que se adquiere y que se pierde dependiendo de la estrategia empresarial, y los empresarios de carne y hueso pueden pasar sucesivamente por estados en que se comportan de la manera tradicional o actúan como emprendedores.

Tabla 3. Tiempo entre invención e innovación

Producto	Año de invención	Año de innovación	Tiempo transcurrido
Luz fluorescente	1852	1934	82
Radar	1887	1933	46
Pluma de punto rodante	1888	1938	50
Cremallera para ropa	1891	1923	32
Papel celofán	1900	1926	26
Cohetes	1903	1935	32
Helicóptero	1904	1936	32
Televisión	1907	1936	29
Khodachrome	1910	1935	25
Transistor	1940	1950	10

Fuente: elaboración del autor con base en Burrus y Gittines (1993, p. 81, citado por Medina y Espinosa, 1994, p. 58).

En sus escritos tardíos, Schumpeter (Mark II) pone en duda sus primeras hipótesis, argumentando que, más que a rasgos de personalidad, el éxito innovador obedece a la puesta en juego de un conjunto de recursos y capacidades empresariales a las cuales las grandes empresas pueden acceder de manera privilegiada. Así, el protagonismo innovador es trasladado por Schumpeter del *entrepreneur* como persona, a la gran empresa como organización, introduciendo una discusión que todavía hoy es relevante, respecto a las fortalezas y debilidades de las pequeñas y las grandes empresas frente a la innovación.

Complementariamente a la pregunta sobre quién innova (sujeto), emerge la pregunta sobre qué se innova (objeto). Al respecto, Schumpeter introduce una taxonomía que ofrece una primera respuesta, proponiendo los siguientes tipos de innovación:

- Innovación de producto
- Innovación de proceso

- Innovación de mercados
- Innovación de fuentes de materias primas o componentes
- Innovación de estructura industrial

Esta clasificación podría, seguramente, complementarse con otros tipos de innovación que se consideran relevantes en la actualidad, más allá del ámbito empresarial, como la innovación institucional y la innovación social, por citar algunas. Sin embargo, la propuesta de Schumpeter deja de lado, curiosamente, la innovación organizacional, de notable relevancia para las empresas, quizás porque inicialmente su apreciación de la importancia de los recursos, capacidades y estructuras organizacionales respecto a la innovación era secundaria frente al protagonismo del *entrepreneur*.

La innovación según el *Manual de Oslo*

Para el diseño y aplicación de las encuestas nacionales de innovación, la construcción de indicadores de innovación y su uso para efectos políticos, empresariales y académicos, el *Manual de Oslo* de la OCDE propone, desde su primera edición en 1992, un conjunto de definiciones, clasificaciones y criterios que se han convertido en referentes internacionales. Dado el carácter evolutivo de las distintas ediciones del manual, sus propuestas no son del todo coincidentes, por lo que es necesario tener cuidado con el manejo de la terminología.

Como ilustración, la primera edición del manual (1992) hace referencia a la innovación *tecnológica* de productos (bienes) y procesos (de manufactura). La edición de 1997, si bien se sigue refiriendo a la *innovación tecnológica*, incluye también los servicios mercadeables, además de los bienes, en la categoría de ‘innovación de producto’. La edición de 2005 introduce cuatro tipos de innovación (de producto, de proceso, organizacional y mercadotécnica) y prescinde del término *tecnológica*, reservándolo únicamente a la innovación de productos (bienes y servicios) y sus procesos de producción, como una solución a la necesidad de continuidad de las series estadísticas construidas con los anteriores manuales.

La cuarta edición del *Manual de Oslo* (OECD/Eurostat, 2018) regresa a los dos tipos iniciales de innovación (de producto y de proceso), eliminando definitivamente el calificativo de ‘tecnológica’, pero ampliando su alcance con la siguiente propuesta de definición genérica: una innovación es un pro-

ducto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ellos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad y que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o usado por la unidad (proceso) (OECD/Eurostat, 2018, p. 20). Es una definición que supera el ámbito puramente empresarial que ha prevalecido en las definiciones de las anteriores ediciones del manual. Esta definición **usa el término genérico ‘unidad’** que, siguiendo el Sistema de Cuentas Nacionales, hace referencia a: 1) empresas productoras de bienes y servicios comercializables; 2) entidades gubernamentales; 3) entidades sin ánimo de lucro; y 4) hogares (de uno o más individuos).

No obstante la amplia cobertura institucional a la que apunta la anterior definición, la atención de la cuarta edición del *Manual de Oslo* se enfoca, para efectos de medición, en el sector empresarial, dejando la innovación en los otros tipos de unidades institucionales por fuera de su alcance. Específicamente para el ámbito empresarial, las siguientes son las definiciones propuestas por el manual para la innovación y para cada uno de los tipos de innovación que considera:

Una **innovación empresarial** es un producto o proceso empresarial nuevo o mejorado (o una combinación de ellos) que difiere significativamente de los productos o procesos empresariales anteriores de la firma y que ha sido introducido en el mercado o ha sido puesto en uso por la empresa. (OECD/Eurostat, 2018, p. 68, traducción del autor)

Una **innovación de producto** es un bien o servicio nuevo o mejorado que difiere significativamente de los bienes o servicios anteriores de la empresa y que ha sido introducido en el mercado. (OECD/Eurostat, 2018, p. 70, traducción del autor)

Una **innovación de proceso** empresarial es un proceso empresarial nuevo o mejorado para una o más funciones empresariales, que difiere significativamente de los procesos empresariales anteriores de la firma y que ha sido puesto en uso por la firma. (OECD/Eurostat, 2018, p. 72, traducción del autor)

La definición de ‘producto’ adoptada por el manual es la establecida por el Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas. Según este sistema, los productos pueden ser bienes o servicios. Los bienes son objetos comercializables definidos por dos características principales: a) su posesión puede ser establecida; y b) dicha posesión puede ser transferida de un dueño a otro mediante una transacción comercial.

Por otra parte, los servicios son el resultado de una actividad productiva que cambia las condiciones de las personas o de sus bienes (incluidos los activos financieros), con dos características: a) no pueden ser comercializados de manera separada de su proceso de producción; y b) cuando su producción se completa, ya deben haber sido entregados a sus usuarios. Los cambios producidos por los servicios pueden afectar la condición de los bienes de los usuarios (por ejemplo, mediante su transporte, limpieza, reparación, etc.), la condición física de la persona (por ejemplo, mediante un tratamiento médico o estético, la provisión de alojamiento, etc.) o su condición psicológica (por ejemplo, mediante educación, entretenimiento, asesoría, etc.).

Respecto al término '*business process*' (proceso de negocio o empresarial), su alcance va más allá del proceso medular de producción de bienes y servicios, para incluir también los procesos de apoyo o de soporte. Por tanto, el término hace referencia a los siguientes procesos susceptibles de innovación (OECD/Eurostat, 2018, p. 72)⁴:

1. Producción de bienes y servicios para el mercado o los clientes externos.
2. Distribución y logística.
3. Mercadeo, ventas y servicio post-venta.
4. Servicios tic (informáticos y de comunicación) para la empresa.
5. Funciones administrativas y de gestión.
6. Servicios técnicos, de ingeniería y relacionados.
7. Investigación y desarrollo de productos y procesos empresariales.

En cuanto a los atributos o características de los productos y procesos cuyos cambios generan innovaciones, la cuarta edición del manual también se desvía significativamente de las anteriores ediciones. Hasta la segunda edición, dichos cambios tenían que ser de carácter tecnológico, es decir, asociados a las especificaciones relacionadas con la funcionalidad, desempeño y aplicación de los productos y procesos, excluyendo los cambios meramente estéticos de los mismos o aquellos asociados al gusto subjetivo del consumidor. La tercera edición incluyó los cambios estéticos y de presentación de los productos, clasificándolos en la categoría de innovaciones mercadotécnicas (*marketing innovations*).

⁴ El alcance de estas funciones empresariales puede consultarse en el glosario en línea de la Eurostat (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Business_functions).

La cuarta edición, al prescindir del carácter tecnológico exigido a las innovaciones de producto, acepta que este tipo de innovaciones sea posible también a partir de los cambios estéticos y de presentación. En este sentido, los cambios conducentes a innovaciones de producto pueden afectar su función, utilidad, calidad, especificaciones técnicas, confiabilidad, durabilidad, uso económico, asequibilidad, conveniencia, usabilidad, facilidad de uso, diseño industrial o gráfico, presentación o cualquier cambio estético que genere una respuesta emocional positiva en el usuario.

Para los procesos, los cambios pueden darse en términos de eficacia, eficiencia en el uso de recursos, confiabilidad, resiliencia, asequibilidad y conveniencia o facilidad de uso para los involucrados en el proceso, ya sea interna o externamente a la empresa. Tanto para los procesos como para los productos, los cambios innovadores pueden darse en una o varias de las anteriores características; no es necesario que se den simultáneamente en todas o en varias e, incluso, es posible que, al mejorar alguna de ellas, otras se desmejoren.

Criterios para la existencia de innovación

Para el *Manual de Oslo*, la existencia de la innovación está asociada a los siguientes criterios: a) novedad; b) mejora significativa; c) implementación; y d) intención de éxito.

En cuanto al calificativo de **nuevo** aplicado al producto o proceso, explícitamente lo define el *Manual de Oslo* con referencia a la empresa que innova. Es decir, un producto o proceso es nuevo si lo es para la empresa, aunque no lo sea a nivel mundial o ni siquiera para el sector productivo que representa o el mercado que atiende. Obviamente, es importante conocer el nivel de novedad de la innovación en relación con estos referentes, pero el punto de partida básico es la empresa que innova. Esta es una importante precisión que es coherente con el carácter localizado, específico y acumulativo de la tecnología, y que reconoce que el esfuerzo tecnológico propio es imprescindible para el éxito del desafío innovador.

Para las empresas recién creadas (o creadas durante el periodo de observación de la medición), el referente de novedad debe ser redefinido, pues ellas mismas son nuevas. En este caso, el referente **mínimo de novedad** son los productos y procesos que ya existen en el sector o el mercado de la empresa. Según este criterio, una empresa nueva tiene un producto inno-

vador si es nuevo para el mercado que la empresa busca atender, o tiene un proceso innovador si es nuevo entre las empresas de su sector o actividad económica.

Es también importante el hecho de que la innovación aparece no solo asociada a productos o procesos nuevos, sino también mejorados significativamente. Es decir, una mejora significativa también aporta innovación a un producto o proceso, incluso si dicha mejora es el resultado acumulativo de una secuencia de pequeñas mejoras continuas durante el periodo de medición. En este punto surge la dificultad práctica de determinar cuándo una mejora es suficientemente *significativa* o no. Una posible respuesta es asociar el calificativo de ‘significativo’ al requerimiento de ‘altura o nivel inventivo’ exigido a las invenciones para acceder a la posibilidad de patentamiento. Un criterio complementario podría ser que el esfuerzo intelectual y material de la mejora sea de suficiente envergadura para dar lugar a un proyecto con asignación de actividades, recursos y tiempos definidos, y que puedan ser diferenciados de aquellos asignados a las actividades rutinarias de la organización. Esta aproximación tiene la ventaja de introducir criterios de demarcación que distinguen la innovación de la mejora continua, la cual debe ser un componente constitutivo universal de las prácticas productivas y de gestión de las empresas modernas.

Por otro lado, la novedad (incluso si es a nivel mundial) o la mejora significativa del producto o proceso, no es suficiente; la característica esencial de la innovación, que la distingue de las ideas y las invenciones, es expresada por el *Manual de Oslo* en términos de *implementación*: su primera introducción al mercado (en el caso de los productos) o su primer uso en la empresa (en el caso de los procesos). Mientras esto no haya sucedido, estamos ante un hecho que quizás pueda tener interés desde ciertas perspectivas y encerrar un alto potencial de desarrollo, pero que, indudablemente, no ha llegado a la madurez mínima de su expresión como hecho económico y social.

Respecto al éxito de la innovación, es algo que puede o no darse después de su implementación; si bien todo esfuerzo innovador debe perseguir el éxito, su logro no está garantizado ni es un requisito para la existencia de la innovación al momento de su medición. Este criterio reconoce que las innovaciones son desarrolladas a través de ciclos de interacciones entre varios actores y la validación del mercado, lo que puede llevar un tiempo considerable; además, identifica la existencia de una dinámica evolutiva de ciertos pro-

ductos y procesos que puede, eventualmente, madurar incluso hasta llegar a reorientar la ruta del desarrollo económico futuro de toda una industria.

Finalmente, es conveniente aclarar que las innovaciones, aunque exitosas desde una perspectiva empresarial, no necesariamente producen siempre resultados deseables desde una perspectiva social. Para una empresa, los resultados de una innovación pueden ser positivos en término de participación en el mercado, ventas o ganancias, lo cual constituye un incentivo para innovar. Sin embargo, evaluar hasta qué punto esta innovación resulta provechosa para la sociedad en su conjunto, puede ser muy difícil. Aun así, evaluar si las innovaciones producen impactos sociales en términos de la satisfacción presente o futura de las necesidades de la humanidad, ya sea a un nivel de individuos específicos o de toda la sociedad, es un desafío que termina siendo de altísima prioridad.

Las actividades de innovación (o innovativas)

Según el *Manual de Oslo*, las actividades de innovación son aquellas actividades científicas, tecnológicas, organizacionales, financieras y comerciales que una empresa puede llevar a cabo para hacer de la innovación una realidad (OECD/Eurostat, 2018, p. 68).

Interesante destacar de esta definición, que la innovación involucra un amplio rango de actividades que se encuentran a lo largo y ancho de una organización productiva; o, desde otra perspectiva, la innovación es un asunto que compromete a toda la organización y no meramente a una o pocas dependencias de la misma.

Obviamente, no se trata únicamente de actividades científicas y tecnológicas, sino también de actividades administrativas, productivas y comerciales. Incluso, algunas de las actividades de innovación no necesariamente deben ser nuevas para la empresa, pero se incluyen porque son necesarias para la innovación. El *Manual de Oslo* clasifica las actividades de innovación en ocho categorías:

1. I+D (sin excluir la investigación básica)
2. Actividades de ingeniería, diseño y creación: procedimientos de producción y control de calidad, planeación de la producción, ensayos técnicos, montaje de equipos, puesta a punto de procesos y maquinaria, ingeniería reversa, diseño de productos y procesos, actividades de ideación y co-creación, cambio organizacional, etc.

3. Actividades de mercadeo y valoración de marca: investigación y estudio de mercados, métodos de fijación de precios, actividades relacionadas con la promoción y colocación de productos, publicidad, participación en ferias y exposiciones, desarrollo de estrategias de mercadeo, relaciones públicas y actividades de promoción de la empresa, etc.
4. Actividades relacionadas con la propiedad intelectual, incluyendo todas las actividades administrativas y legales necesarias para proteger el conocimiento desarrollado por la empresa y para valorar, negociar y comercializar (licenciar o vender) los derechos de propiedad intelectual obtenidos, así como para acceder a derechos de otras partes y que son necesarios para llevar a cabo la innovación.
5. Actividades de capacitación y entrenamiento de los empleados, necesarias para innovar.
6. Desarrollo de *software* y bases de datos: desarrollo y adquisición de aplicaciones computacionales y de documentación y material de soporte de sistemas y aplicaciones, la adquisición y el desarrollo de bases de datos y actividades de mejoramiento (*upgrade*) y expansión de sistemas, actividades de análisis estadístico de datos, minería de datos y similares.
7. Actividades relacionadas con la construcción, adquisición o arrendamiento (*leasing*) de activos tangibles, como edificaciones, maquinaria, instrumentos y equipo de transporte y de sistemas.
8. Actividades de gestión de la innovación, que incluyen todas las actividades llevadas a cabo para desarrollar el ciclo completo de gestión de la innovación.

Es de resaltar que la I+D aparece como una de las actividades de innovación, pero no siempre es indispensable. En otras palabras, la empresa no necesariamente tiene que abordar la I+D para adquirir o generar conocimiento nuevo para ella, sobre el cual pueda impulsar la producción de innovaciones. Dicho conocimiento puede obtenerse de otras formas, por ejemplo, a través de la adquisición de *know-how*, el licenciamiento de patentes, la inversión en equipos de nueva tecnología, etc. En muchos casos, podría decirse que la innovación requiere no tanto de la I+D como de la aplicación de mejores prácticas de ingeniería y gestión, lo cual abre un amplio campo de acción innovativa a la mayoría de nuestras empresas, que tienen todavía una gran brecha por cerrar para llegar al límite de las posibilidades del conocimiento

disponible. En este sentido, se habla de ‘proyectos de I+D+i’ para referirse a proyectos que contribuyen a producir innovaciones a través de combinaciones variadas de investigación, desarrollo experimental y otras actividades de innovación.

Tipología de empresas respecto a la innovación

Durante el periodo de observación de las encuestas de innovación, que puede ser entre uno y tres años, las empresas pueden encontrarse en distintas situaciones dependiendo de si han llevado a cabo actividades de innovación y si han obtenido innovaciones. La combinación de estas dos variables, cada una con dos posibles valores (sí/no), arroja las cuatro situaciones siguientes, que dan origen a la tipología introducida por el *Manual de Oslo*:

Empresa innovadora: aquella que obtuvo al menos una innovación en el periodo de observación, para lo cual llevó a cabo un conjunto de actividades de innovación.

Empresa no innovadora: aquella que no innovó y tampoco llevó a cabo actividades de innovación durante el periodo de observación.

Empresa activa en innovación (pero no innovadora): aquella que, aunque no innovó en el periodo de observación, sí realizó algunas actividades de innovación.

La cuarta categoría corresponde a una empresa innovadora que no ha llevado a cabo actividades de innovación en el periodo de observación, lo cual es extremadamente raro. Sin embargo, esto podría ocurrir si una empresa logra innovar, aunque no haya emprendido ninguna actividad explícitamente orientada a la innovación (por ejemplo, como el resultado agregado de una serie de mejoras continuas de un producto o proceso).

Los modelos de innovación tecnológica empresarial

Como fenómeno social, la innovación tecnológica evoluciona en el tiempo, lo cual hace aún más difícil su comprensión. En este sentido, los modelos de innovación tecnológica revelan no solo nuestra comprensión de este cambiante fenómeno, sino también su evolución en el tiempo. Siguiendo a Rothwell (1992), clasificaremos los modelos de innovación en: a) Modelos lineales; b) Modelo articulado; c) Modelo integrado; y d) Modelos sistémicos e integrados en red.

Modelos lineales

Los modelos lineales fueron el resultado de los primeros esfuerzos de conceptualización de la innovación tecnológica y posiblemente estuvieron influenciados por la herencia que nos dejó la Segunda Guerra Mundial sobre la relación entre el avance científico y sus aplicaciones prácticas de carácter bélico. En estos modelos se revela una concepción que relaciona los descubrimientos científicos con la generación de riqueza económica y el bienestar social, que encuentra un eslabón intermedio en el desarrollo tecnológico. El nombre de lineal dado a los modelos hace referencia a la forma secuencial y unidireccional que establecen de la relación entre avance científico, desarrollo tecnológico, riqueza económica y bienestar social. Inicialmente, un primer modelo, denominado de *Empuje Tecnológico (Technology Push)*, ponía en el avance científico y sus aplicaciones tecnológicas el detonante del proceso, resultado del cual era la generación de riqueza económica y el logro de bienestar social.

Este modelo encontró pronto analistas que lo desvirtuaban en gracia a la fuerza que, según ellos, mostraban en muchos casos las demandas del mercado como elementos detonadores del proceso de innovación. En estos casos, se argumentaba, el proceso procedía en forma inversa, siendo jalado por las demandas sociales y de mercado que inducían desarrollos tecnológicos que, cuando carecían de una base de conocimientos suficientes, generaban preguntas que alimentaban los proyectos de investigación de los científicos. De esta forma el modelo sufrió un cambio de sentido, pasando a denominarse de ***Jalonamiento de la Demanda (Market Pull)*** que, no obstante, seguía siendo de carácter lineal.

Modelo articulado

Pronto fue evidente para los analistas que los modelos lineales previamente planteados podían sobreponerse, dando como resultado un modelo todavía secuencial pero con puntos de retroalimentación, perdiendo el carácter original de lineal y poniendo un mayor balance entre el empuje tecnológico y el jalonamiento de la demanda, lo cual se traducía en una articulación entre las funciones de I+D y de mercadotecnia en las empresas.

Un ejemplo de este tipo de modelos es el propuesto por Kline y Rosenberg (1986), el cual se expone más adelante.

Modelo integrado

Este modelo de la innovación tecnológica se basa en el anterior, pero reconoce un mayor nivel de articulación entre las distintas funciones empresariales comprometidas con la innovación, dando lugar a la aparición de equipos de trabajo integrados y el desarrollo paralelo de actividades que rompen con la articulación secuencial sugerida por el Modelo articulado. El Modelo integrado de la innovación reconoce la importancia que para la dinámica del trabajo y el desempeño del proceso tienen prácticas como la ‘ingeniería concurrente’ (integración de I+D, producción y mercadotecnia), el desarrollo de proveedores, la colaboración horizontal y otras que buscan hacer realidad la integración organizacional en sus dimensiones interna y externa.

Modelo sistémico e integrado en red

Rothwell (1992) propone una generación adicional de modelos de la innovación tecnológica, que captura el profundo impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y que estaría caracterizado por:

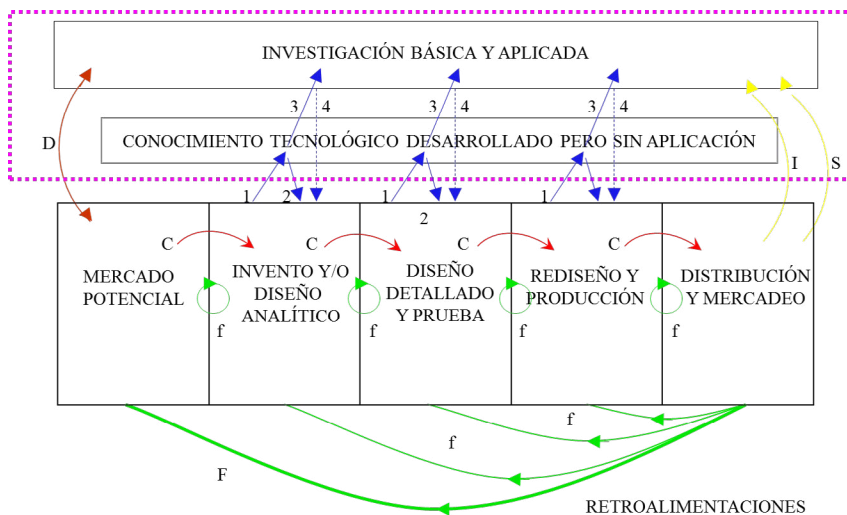
- Desarrollo paralelo y completamente integrado.
- Uso de sistemas expertos y modelos de simulación.
- Fuertes alianzas con clientes de punta (enfoque en clientes con estrategias vanguardistas).
- Integración estratégica con principales proveedores, incluyendo el code-sarrollo de nuevos productos y sistemas CAD.
- Articulación horizontal (*joint-ventures*, investigación conjunta, acuerdos conjuntos de mercadeo, etc.).
- Énfasis en flexibilidad corporativa y velocidad de nuevos desarrollos.
- Enfoque en la calidad y otros factores no orientados al precio.

El modelo de Kline y Rosenberg

Como parte del marco conceptual y teórico necesario para diseñar e interpretar las encuestas de innovación, el *Manual de Oslo* sugiere utilizar el modelo propuesto por Kline y Rosenberg (1986), presentado esquemáticamente en la figura 4.

En relación con este modelo, es preciso tener en cuenta algunas de sus principales consideraciones:

- La innovación no puede entenderse como una progresión lineal de actividades. Hay retroalimentación entre las etapas del proceso, lo cual sugiere la presencia de ciclos y avances en espiral.
- El proceso no está determinado unilateralmente ni por el empuje del desarrollo tecnológico ni por el jalonamiento de las demandas del mercado. Hace énfasis en que la innovación resulta de la interacción entre ambas fuerzas.
- La I+D es una actividad que acompaña a la innovación y no debe ser considerada como una condición para la innovación. Es decir, la I+D no puede ser vista como el trabajo de descubrimiento que precede a la innovación; más bien, su función es la de abrir oportunidades y despejar el camino tecnológico de las innovaciones.



Flechas: Flujos de información y cooperación

C: Cadena central de innovación

D: Formulación y solución de problemas de I durante invención y diseño

1-2: Problemas resueltos con el conocimiento existente

1-3-4: Problemas resueltos con I

4: La contribución de I es problemática

F, f: Retroalimentaciones

Figura 4. Modelo de innovación de articulación en cadena

Fuente: elaboración del autor con base en Kline y Rosenberg (1986).

Clasificación de la innovación

La innovación puede clasificarse según su objeto, según su magnitud y según su grado de novedad, como se expone brevemente a continuación.

Clasificación de la innovación según su objeto

Ya nos referimos a la clasificación propuesta por Schumpeter según el objeto de la innovación, la cual, introduciendo algunos ajustes según lo visto anteriormente, podría quedar como sigue:

- Tecnológica (de producto y de proceso)
- De mercados (cuando la empresa abre nuevos mercados o incursiona en mercados existentes nuevos para ella)
- De fuentes de materia prima o componentes (que podría asociarse, en algunos casos, a innovación tecnológica de producto o de proceso)
- Institucional (uno de cuyos casos sería la innovación de estructura industrial)
- Organizacional y gerencial
- Social

También nos referimos a la propuesta del *Manual de Oslo*, que es la que se aplica en la actualidad en el contexto de la innovación empresarial:

- De producto
- De proceso
- De mercadotecnia
- De organización

Clasificación de la innovación según su magnitud

Según este criterio, la innovación se suele clasificar como:

- Incremental
- Radical
- De sistemas tecnológicos
- Revoluciones tecnológicas

Esta es una clasificación muy popular, sobre todo en los tipos incremental y radical, los cuales hacen referencia a la mejora de algo existente o a la introducción de algo completamente nuevo. Sin embargo, esta distinción, aparentemente clara, se vuelve problemática cuando se consideran los efectos acumulados de las mejoras incrementales, los cuales pueden producir algo completamente diferente a lo que fue su punto de partida. Considérense, por ejemplo, las mejoras hechas incrementalmente a las armas de fuego desde su introducción en el siglo XIV hasta nuestros días. Aunque el principio básico de funcionamiento y su efecto han permanecido prácticamente invariantes, las modificaciones introducidas se han acumulado hasta el punto de que entre las modernas armas de fuego y los primeros ejemplares fabricados hay un gran abismo tecnológico.

Las innovaciones radicales son seguidas, usualmente, por una secuencia de innovaciones incrementales hasta el momento en que la tecnología de producto o proceso es desplazada por una tecnología rival o emergente. Por otra parte, las innovaciones radicales están asociadas a nuevos descubrimientos científicos y encuentran su origen frecuentemente en los laboratorios de investigación, en tanto que las incrementales están más asociadas a la I+D empresarial o, incluso, a procesos de aprendizaje tecnológico del tipo *learning-by-doing* o *learning-by-using*.

Las innovaciones de sistemas tecnológicos y las revoluciones tecnológicas (Freeman & Pérez, 1988), son tipos de innovaciones de amplio espectro y profundo impacto económico social. En lo fundamental, hacen referencia a conjuntos interrelacionados de innovaciones tecnológicas, innovaciones institucionales e innovaciones organizacionales y de gestión que cambian por completo los mercados, los sistemas de producción, las capacidades tecnológicas que les sirven de base y las reglas de la competencia dominantes hasta el momento. Las innovaciones de sistemas tecnológicos tienen una cobertura sectorial (por ejemplo, el reemplazo de la fotomecánica por la pre prensa digital en el sector de artes gráficas), en tanto que las revoluciones tecnológicas tienen un impacto general en la economía mundial, como ha sucedido antes con la introducción de la electricidad y el acero a escala industrial, luego con la industria petroquímica y de materiales sintéticos y, más recientemente, con la industria de base microelectrónica y las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Clasificación de la innovación según su grado de novedad

Esta clasificación deriva de las propuestas del *Manual de Oslo* y comprende los siguientes tipos:

- Novedad para la empresa: es el grado de novedad mínimo para que algo pueda ser considerado una innovación.
- Novedad para el mercado: cuando la innovación no ha sido introducida antes en el mercado. Aquí, el concepto clave es ‘el mercado’; el *Manual de Oslo* sugiere que debe entenderse como la empresa y sus competidores y puede referirse a una región geográfica o a una gama de productos. El alcance del mercado se entiende establecido por los límites en que opera la empresa que introduce la innovación.
- Novedad para el mundo: es el grado máximo de novedad e implica que la innovación se introduce por primera vez a nivel mundial, en todos los mercados y en todos los sectores de actividad económica, nacional e internacionalmente.

Difusión de la innovación

- Para que una innovación desarrolle su potencial de impacto es necesario que, luego de su implementación exitosa, se difunda ampliamente en la sociedad. Una fuente típica de difusión de las innovaciones comercializables es la dinámica del mercado. En este caso, el interés en el estudio de la difusión proviene principalmente del deseo de pronosticar las ventas de un nuevo producto o tecnología, con el fin de tomar decisiones estratégicas sobre su desarrollo, dadas las inversiones involucradas. Con este fin, usualmente se recurre a modelos conceptuales, matemáticos y de simulación, cuya contribución es caracterizar y pronosticar el comportamiento de las ventas de un nuevo producto o la adopción de una nueva tecnología.

El ciclo de vida de la adopción de innovaciones

Entre los modelos conceptuales, los más populares buscan caracterizar el ciclo de vida de los productos / tecnologías desde la perspectiva de la población de potenciales compradores / adoptadores. Un modelo de este tipo es el propuesto por Moore (1991) (figura 5), con base en trabajos previos realizados por Everett M. Rogers y sus colegas en la Iowa State University.

A continuación se describen las características de los adoptadores en cada etapa del ciclo, según la propuesta de Moore.

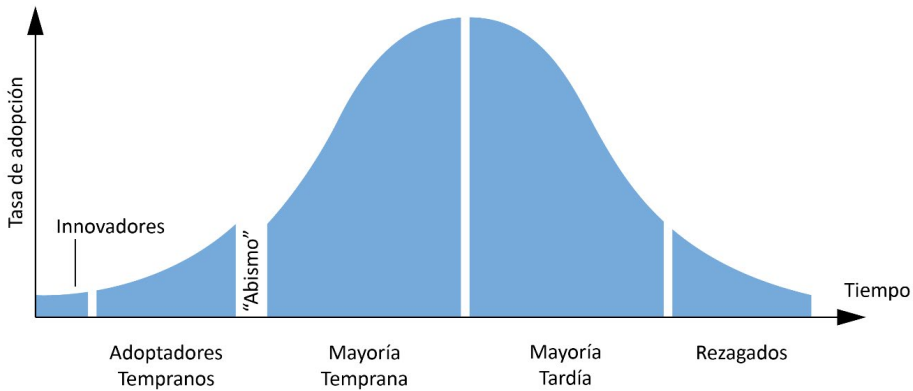


Figura 5. Ciclo de vida de la adopción de innovaciones
Fuente: elaboración del autor con base en Moore (1991).

Innovadores (*innovators o technology enthusiasts*): son aquellos entusiastas por las nuevas tecnologías que consideran que, tarde o temprano, la innovación mejorará nuestras vidas. Están atentos al lanzamiento de nuevos productos y disfrutan explorando las nuevas tecnologías. El grupo de innovadores es pequeño, sin mucha importancia respecto a su tamaño y poder de inversión, pero altamente influyente en la difusión posterior de la innovación.

Adoptadores tempranos (*early adopters o visionaries*): estos son individuos decididos a transformar sus organizaciones (empresas o entidades gubernamentales) mediante las innovaciones, introduciendo discontinuidades con el pasado y proyectando un nuevo futuro. Es un segmento de mercado altamente atractivo, porque su tamaño y poder de inversión es significativo. Sin embargo, es muy demandante de soluciones a la medida y, en este sentido, son clientes costosos, por lo que la empresa tiene rápidamente que buscar el siguiente segmento del mercado, aquellos que lo que quieren es lo que todos los demás tienen, para mejorar la rentabilidad de la innovación.

Mayoría temprana (*early majority o pragmatists*): este es un segmento del mercado responsable de buena parte de la rentabilidad de la innovación. No desean las nuevas tecnologías por sí mismas, sino por los efectos positivos que generan en las organizaciones. No buscan las transformaciones radicales sino la evolución; en este sentido, no son visionarios sino pragmáticos: deciden la adopción de las innovaciones solo después de que estas han de-

mostrado sus efectos positivos y de recibir buenas recomendaciones de gente en la que confían. Usualmente, cuando estos individuos toman la decisión de comprar, lo hacen a las empresas líderes, porque no están dispuestos a arriesgar en el desempeño de las innovaciones ni a poner en riesgo su organización por falta de respaldo técnico o comercial.

Mayoría tardía (*late majority* o *conservatives*): son individuos pesimistas respecto a los beneficios de la tecnología y solo adoptan las innovaciones por presiones externas, principalmente porque se ven obligados debido a que todo a su alrededor está cambiando. Son sensitivos al precio, escépticos sobre las ventajas de innovar y muy exigentes como compradores, pues desean obtener el máximo provecho de sus inversiones. Sin embargo, constituyen un segmento del mercado que puede ser fuente de ganancias significativas si se trata con cuidado.

Rezagados (*laggards* o *skeptics*): son los últimos en adoptar las innovaciones. No solamente no están interesados en las nuevas tecnologías, sino que las critican. No constituyen un segmento de mercado muy significativo, así que el objetivo no es tenerlos como clientes sino evitar su efecto sobre los demás.

Además, el modelo de Moore identifica un ‘abismo’ entre los visionarios y los pragmáticos que es difícil cruzar, dadas las características de cada grupo. Esta dificultad se convierte en un gran reto para las empresas innovadoras, pues el éxito financiero de sus innovaciones depende, finalmente, de conquistar el mercado de los pragmáticos, quienes traen detrás a los conservadores, constituyendo el grueso del mercado. Según Moore, la clave para cruzar el ‘abismo’ es desarrollar los productos innovadores hasta darles las características de ‘producto total’, es decir, un tipo de producto que satisface todas las condiciones de calidad exigidas por los pragmáticos: rendimiento, funcionalidad, fiabilidad, durabilidad, seguridad y diseño.

Modelos matemáticos y de simulación

Los modelos conceptuales de la difusión de la innovación son importantes porque permiten comprender los mecanismos clave de la dinámica del fenómeno. El desarrollo complementario de modelos matemáticos y de simulación emerge de la necesidad de describir y pronosticar cuantitativamente el mercado de las innovaciones. Revisiones de la literatura sobre modelos matemáticos y de simulación de la difusión de la innova-

ción se pueden consultar en Meade e Islam (2006), Li y Sui (2011) y Pérez (2011). Entre los modelos matemáticos, los más tradicionales se basan en funciones exponenciales y logísticas. La función exponencial es útil para describir una dinámica en la que la difusión está gobernada por factores externos (por ejemplo, la publicidad); la función logística es adecuada para describir una dinámica gobernada tanto por factores externos como internos (por ejemplo, la publicidad y el ‘boca-a-boca’), lo cual la hace más útil, pues este es el caso usual de los fenómenos de difusión de la innovación.

Entre los modelos logísticos de difusión de la innovación, posiblemente el más popular es el modelo de Bass (1969), representado por la Ecuación 1. La figura 6 ilustra una aplicación del modelo de Bass en la descripción y proyección de la difusión de la tecnología del gas natural vehicular en el Valle de Aburrá.

En el modelo de Bass se representa la influencia de dos tipos de adoptadores: los innovadores (coeficiente de innovación), que corresponden aproximadamente a los innovadores y visionarios del modelo de Moore, motivados principalmente por factores externos; y los imitadores (coeficiente de imitación), que corresponden aproximadamente a los pragmáticos, conservadores y escépticos en dicho modelo, motivados principalmente por factores internos.

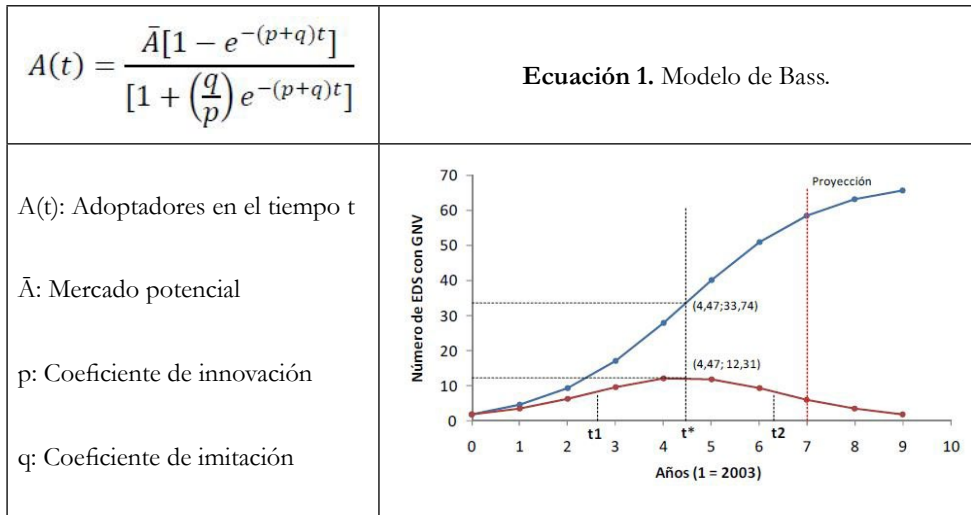


Figura 6. Difusión del Gas Natural Vehicular en el Valle de Aburrá
Fuente: elaboración del autor con base en Herrera (2010, p. 83).

El modelo de Bass ha dado lugar a múltiples variaciones y ajustes, principalmente para recoger la influencia de factores y fenómenos que dicho modelo deja por fuera, entre otros: la variación del precio, el crecimiento del mercado potencial, la introducción de múltiples generaciones de producto, los efectos de red, etc. Esta tendencia marca la introducción de los modelos de simulación, que buscan aproximarse a la complejidad del fenómeno de difusión de la innovación. En la figura 7 se presentan los resultados de la validación del modelo desarrollado por Pérez (2011) para simular la difusión de múltiples generaciones de productos con efectos de red en la industria de *software*. En el capítulo 10, ‘Herramientas para la gestión de la innovación’, se hace una introducción general al tipo de modelos de simulación más utilizados para la gestión de la innovación.

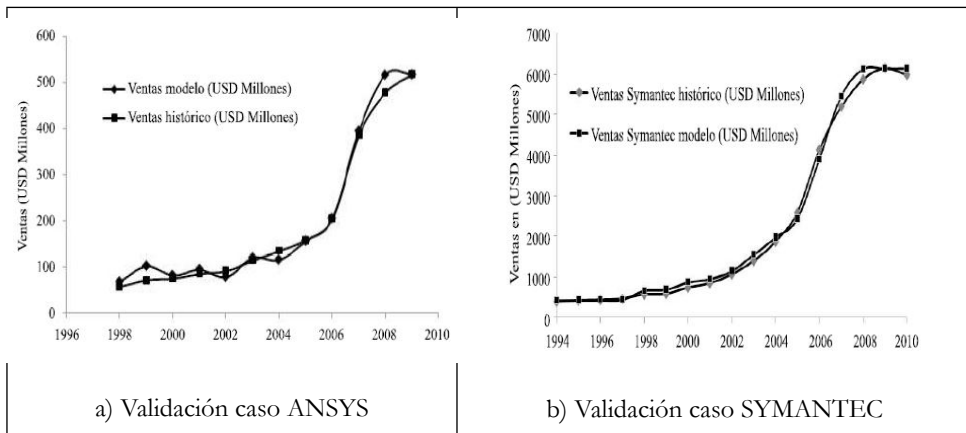


Figura 7. Modelo de simulación de la difusión multigeneracional de productos con efectos de red: validaciones en los casos ANSYS y SYMANTEC
Fuente: Pérez y Robledo (2012).

Indicadores y encuestas de innovación

Indicadores de innovación

Los indicadores son datos contruidos a partir de –y que adquieren significado en– un contexto teórico determinado, aunque esto no significa que no puedan ser usados en el marco de contextos teóricos diferentes. Son, a la vez, resultado e insumo del análisis de un fenómeno; es decir, su diseño obedece a la comprensión que tenemos del fenómeno y, luego de contruidos, su contextualización puede aportar una nueva comprensión del mismo. En este sentido, los indicadores cumplen un papel importante desde una lógica epistémica.

Sin embargo, el origen de los indicadores responde, frecuentemente, a una lógica normativa que busca establecer definiciones, clasificaciones y criterios uniformes que permitan construir indicadores normalizados susceptibles de ser utilizados con fines comparativos y en series de tiempo.

En particular, los indicadores de innovación nos ayudan a responder preguntas del tipo:

- Quién innova
- Con qué intensidad y frecuencia
- Qué tipo de innovación
- Por qué, para qué y con qué resultados
- Con qué costo
- Cómo, con quién y dónde

No obstante, construir indicadores de innovación **no es fácil**. Esta es una afirmación que se vislumbra desde la reflexión teórica y se confirma en la práctica. Diversos analistas han expuesto ya con lujo de detalles los problemas de índole conceptual involucrados (ver, por ejemplo, Brisolla, 1995; Lugones, 1997; Robledo, 1998). Estos problemas son particularmente importantes en el contexto latinoamericano, donde no poseemos la tradición teórica y experimental que fundamenta en otras latitudes el trabajo con indicadores de innovación. De todas formas, hay que considerar que este tipo de indicadores es de reciente aparición en el concierto mundial, si se compara, por ejemplo, con los indicadores de I+D (particularmente los de insumo), en los que ya hay una larga historia de esfuerzos de normalización, medición, análisis y uso.

A pesar de estas dificultades, es innegable que no se puede prescindir de los indicadores de innovación, tanto más cuanto que los tradicionales indicadores de I+D han demostrado su insuficiencia para describir y contribuir al análisis de los procesos de innovación. Por otra parte, a medida que tanto las políticas públicas como las estrategias privadas de innovación van ganando espacios de importancia cada vez mayor, se hace imprescindible contar con indicadores pertinentes como insumo de análisis. Obviamente, para elaborarlos se debe tener muy claro para qué se quieren y conforme a qué supuestos teóricos se van a interpretar. Los indicadores, entonces, son elementos portadores de información que resultan de una compleja interacción entre teoría, medición y propósitos.

Las encuestas de innovación

Para recolectar los datos necesarios para construir los indicadores de innovación, la práctica usual es la de realizar encuestas de innovación. La OCDE propone realizar estas encuestas siguiendo las orientaciones del *Manual de Oslo* y de otros manuales de la familia Frascati. Ello busca conducir a la obtención de indicadores comparables longitudinalmente en el tiempo y transversalmente entre los distintos países.

En la tabla 4 se presentan las áreas temáticas para la construcción de indicadores de innovación incluidas en los manuales de Frascati y Oslo y algunas encuestas de innovación de países latinoamericanos.

En nuestros países latinoamericanos, un examen a las experiencias disponibles de encuestas de innovación revela un hecho notorio: la diversidad de temas, perspectivas e indicadores considerados (Robledo & Cuartas, 2000). Esto, podría argumentarse, es resultado de la carencia de unidad conceptual y metodológica frente al complejo fenómeno de la innovación tecnológica y frente a la descripción de su estado y dinámica. Probablemente, también, resulta de la diversidad de objetivos de política que motivan el diseño y realización de encuestas y similares. La situación recuerda la época previa al *Manual de Oslo* en los países de la OCDE, cuando había un ambiente de exploración general y de aproximaciones individuales al tema de los indicadores de innovación⁵. Sin embargo, la experiencia latinoamericana es posterior al *Manual de Oslo* y la heterogeneidad temática obedece, más bien, a una percepción de que los indicadores normalizados propuestos por la OCDE son insuficientes, por no decir inadecuados.

Sin que lo anterior signifique, necesariamente, que los resultados de las encuestas deban ser descalificados, sí preocupa esta variedad de aproximaciones desde la perspectiva de la comparabilidad internacional de los indicadores y para efectos de construir series de tiempo consistentes. Desde otra perspectiva, esta situación podría favorecer el proceso del conocimiento del fenómeno de la innovación tecnológica con las particularidades con las que se presenta más frecuentemente en Latinoamérica.

⁵ Esta situación continúa vigente, aunque en menor medida y con cierta tendencia a la convergencia.

Tabla 4. Áreas temáticas para la construcción de indicadores en las encuestas de innovación

Área	Instrumento	Frascati (1993)	Oslo (1997)	Brasil (1996)	E.C. (1992-1993)	Chile (1995)	España (1994)	Venezuela (1995)	Canadá (1996)	Colombia (1996)
Personal dedicado a I+D		X		X			X	X		X
Gastos en I+D		X		X	X		X	X	X	X
Objetivos económicos de la innovación			X		X	X		X	X	X
Factores que facilitan/obstaculizan el proceso de innovación			X	X	X	X		X	X	X
Identificación de firmas innovadoras/investigadoras			X	X		X		X	X	X
Impacto de la innovación en el desempeño de la empresa			X	X	X	X	X	X	X	X
Difusión de la innovación			X							
Compra/venta de tecnología			X	X	X	X	X	X	X	X
Costo de la innovación y fuente de recursos			X	X	X	X	X	X	X	X
Mecanismos de estímulo y protección de las innovaciones			X		X	X				X
Cooperación para la innovación			X		X	X	X	X	X	X
Personal dedicado a actividades innovativas (no I+D)				X				X		X
Origen de las ideas de innovación						X			X	X
Tipo de innovación/actividades innovativas desarrolladas por la empresa					X	X	X	X	X	X
Previsiones de la actividad innovadora					X	X	X			X
Ejecución de las actividades innovativas						X				X
Factores de competitividad								X	X	
Planeación estratégica								X		

Fuente: Robledo y Cuartas (2000).

Se requiere, sin embargo, tanto para acrecentar nuestra comprensión de la innovación, como para acelerar la convergencia hacia un conjunto normalizado de indicadores de innovación para Latinoamérica, una acción articulada de los representantes de las tres lógicas necesarias para la producción y utilización de indicadores (Robledo, 1998, pp. 538-539): la lógica epistémica o de la producción de conocimiento, la lógica política o de utilización de los

indicadores, y la lógica formal o de normalización de los mismos. Tal situación llama, sin duda, a mantener, e incluso acelerar, el trabajo de entidades como la RICYT y la OEA en torno a los indicadores de innovación y su normalización en el contexto latinoamericano, en el que ya se han dado pasos importantes, como lo ponen de manifiesto los talleres internacionales realizados en Campinas (1996), Bogotá (1997), Caracas (1998) y Bogotá (2000), que concluyeron con la publicación del *Manual de Bogotá sobre indicadores de innovación tecnológica*.

Sistemas de innovación

La innovación no es algo que una empresa pueda abordar exitosamente en el estrecho marco de sus límites organizacionales. Si bien es cierto que las empresas son protagonistas de la innovación, el alcance institucional de la innovación desborda por completo el ámbito empresarial. Como vimos antes, tampoco es un fenómeno lineal secuencial determinado solamente por las demandas del mercado o por empuje del desarrollo tecnológico, de forma que se pueda inducir fácilmente. Podríamos decir que la innovación es un proceso social no lineal y dinámicamente complejo, cuyos resultados son inciertos, en el que participan múltiples actores con respuestas y comportamientos no conocidos *a priori*. Su éxito es multicausal y específico: no tiene causas simples ni generalizables, por lo que es difícil de establecer relaciones causa - efecto, y las extrapolaciones en el tiempo y en el espacio son altamente problemáticas. Estas características hacen que iniciativas innovadoras aparentemente simples se conviertan en algo supremamente complejo.

Por otra parte, la innovación es un fenómeno histórico y geográfico: se sostiene sobre una base de capacidades acumuladas históricamente en firmas, conglomerados productivos (*clusters*), regiones y países. Decisiones pasadas afectan sensiblemente las posibilidades presentes y futuras. Las dimensiones espaciales cuentan e imponen limitaciones o abren oportunidades de desarrollo innovador.

Todo ello hace que para inducir dinámicas de innovación exitosas se requiera la planificación y la acción articulada de un conjunto de actores sociales clave, cuyos esfuerzos se orienten y encaucen mediante políticas, estrategias y planes de acción concertados para el largo plazo, buscando generar procesos de aprendizaje colectivos, así como crear sistemas de incentivos adecuados y fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas que permitan a la sociedad alcanzar dinámicas innovativas exitosas.

En este escenario, se ha encontrado que la perspectiva sistémica es de gran utilidad para abordar el desafío de la innovación. En pocas palabras, el propósito toma la forma de construir ‘sistemas de innovación’ dinámicos con dimensiones consolidadas en lo nacional, regional y local.

Sistema Nacional de Innovación (SNI)

La perspectiva teórica tradicional de la economía del desarrollo, fundada sobre la premisa de la tecnología como factor exógeno de producción, ha sido incapaz de explicar las diferencias de crecimiento entre países y entre regiones (la convergencia y divergencia del desarrollo nacional y regional) (Freeman, 1995). Desde la economía evolucionista, la explicación se ha abordado con una perspectiva sistémica que pone la innovación, siguiendo a Schumpeter, como motor del desarrollo económico. Desde esta perspectiva, lo nacional es todavía altamente relevante, sin desconocer las dinámicas globalizantes y las cada vez más fuertes dinámicas regionales y locales que se desarrollan como contracara a la globalización.

La noción de Sistema Nacional de Innovación (SNI) como concepto de alto poder explicativo de las dinámicas nacionales de desarrollo fue introducido por Lundvall (1985) y Freeman (1987). La definición de Freeman hace énfasis en las interacciones institucionales, refiriéndose al SNI como una red de instituciones de los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías. Las propuestas de Lundvall desarrollan el concepto en su dimensión de aprendizaje colectivo, como un sistema social que tiene como actividad central el aprendizaje interactivo entre las personas.

En Colombia, desde mediados de la década del 90 se viene aplicando el término Sistema Nacional de Innovación como una categoría conceptual que soporta el diseño de políticas nacionales en materia de innovación tecnológica. Esta situación se remonta a 1994, cuando se reestructuró Colciencias y se creó una nueva subdirección denominada de Innovación y Desarrollo Empresarial, que impulsó una propuesta aprobada en 1995 por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con el título de Política Nacional de Innovación Tecnológica, cuyo concepto orientador es el de Sistema Nacional de Innovación (Colombia. Colciencias, 1995). Esta orientación de la política ha sido ratificada posteriormente en varios documentos de política, en sus aspectos fundamentales, hasta el punto en que podemos afirmar que la innovación tecnológica es actualmente una dimensión consolidada de la política científica y tecnológica nacional.

A nivel regional también se **ha explorado** este concepto, con el propósito de impulsar el desarrollo innovativo sistémico de los principales actores regionales involucrados en este proceso. Tal es el caso del departamento de Antioquia, donde, con el liderazgo del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, se estableció, a finales de los 90 y comienzos del nuevo siglo, una coordinación del Sistema Regional de Innovación, responsable por su dinamización y consolidación, y se impulsó una Agenda Regional de Innovación que buscaba renovar y potenciar las capacidades productivas y tecnológicas del departamento para incrementar sustancialmente sus indicadores económicos, sociales y de desarrollo humano (Aubad, Gómez, Ospina y Niebles, 2003).

Entidades de interfaz del SNI

Uno de los objetivos de la estrategia nacional de innovación es diversificar, ampliar y consolidar las capacidades institucionales para el desarrollo científico y tecnológico del país, particularmente en relación con aquel tipo de instituciones que funcionan como mecanismos de interfaz entre las capacidades científicas e investigativas universitarias y las capacidades tecnológicas y productivas empresariales.

Específicamente, se han impulsado cinco modelos particulares de instituciones: a) los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT); b) los Centros de Investigación; c) los Centros de Productividad o Innovación; d) las Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica (IEBT); y e) los Parques Tecnológicos. A continuación se presentan los elementos básicos de dichos modelos institucionales, tal como los ha caracterizado Colciencias.

Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT)

Entidades sin ánimo de lucro, con personería jurídica propia, que contemplan en su objeto social la ejecución de actividades científicas y tecnológicas (I+D, capacitación y servicios científicos y tecnológicos) enfocadas a las tecnologías relevantes para uno o varios sectores productivos o actividades económicas, para lo cual establecen vínculos directos con empresas, universidades, entidades gubernamentales y organizaciones que persiguen fines similares o complementarios.

Centros de Investigación

Entidades o unidades administrativas que articulan el desarrollo de proyectos de investigación adelantados por grupos establecidos formal o informalmente. A través de dichos proyectos, estos centros promueven: a) la generación de conocimiento con base científica o humanística y la participación en redes y comunidades académicas; b) la vinculación de los resultados de investigación con el entorno en sus diferentes formas: transferencia, apropiación, divulgación, diálogo de saberes, etc.; y c) la formación de investigadores.

Centros de Productividad o Innovación

Se distinguen de los CDT en que su objeto son las tecnologías gerenciales, en gran medida transversales a varios sectores o actividades económicas. Estos centros están también llamados a desempeñar una misión de promoción del desarrollo de las capacidades regionales de ciencia y tecnología y de articulación de conglomerados productivos o *clusters*.

Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica (IEBT)

Organizaciones independientes sin ánimo de lucro, cuya función en los sistemas de innovación es crear espacios y ambientes propicios para que la innovación tecnológica emerja a través de nuevas empresas o de nuevas unidades de negocio en empresas existentes. De esta forma, las incubadoras contribuyen a regenerar el tejido industrial, crear nuevas oportunidades de trabajo calificado, aumentar la competitividad sectorial, abrir nuevos mercados y dinamizar la economía regional.

Parques Tecnológicos

Organizaciones espaciales que integran capacidades productivas, investigativas y de prestación de servicios empresariales especializados, mediante un desarrollo urbanístico, de infraestructura física y de normatividad que usualmente permite a sus ocupantes acceder a incentivos fiscales, laborales y otros creados para fomentar su ocupación y el desarrollo de actividades productivas de alto valor agregado.

3. MARCO INSTITUCIONAL Y POLÍTICAS PÚBLICAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (CTI) EN COLOMBIA

Introducción

La generación de conocimiento científico y tecnológico y su aplicación creativa en todo tipo de instituciones, es un área donde la participación estatal ha sido reconocida como necesaria aun por los más extremos defensores de las políticas económicas neoliberales. De hecho, la ciencia y la tecnología son campos en que incluso los teóricos del liberalismo económico aceptan que las solas fuerzas del mercado no son suficientes para garantizar una asignación adecuada de los recursos económicos de un país para la generación de riqueza y bienestar. Se puede decir que entre las principales escuelas de pensamiento económico hay un consenso fundamental sobre la importancia de la ciencia y la tecnología como factores de desarrollo económico y social, y en la necesidad de la participación estatal para garantizar un adecuado impulso a las mismas. Hay, por supuesto, grandes divergencias en torno al cuánto, cómo y dónde se debe dar la participación estatal, pero la importancia de las políticas públicas de ciencia y tecnología está fuera de discusión.

Por otra parte, y en coherencia con lo anterior, las políticas públicas de innovación son un entorno de importancia fundamental para el desarrollo de los procesos de aprendizaje tecnológico y mejora de la productividad y competitividad de las organizaciones productivas. Estudiosos del tema argumentan que, si bien el ámbito central que propicia o dificulta estos procesos es la organización misma, esta no funciona independientemente de su entorno institucional local, regional, nacional e internacional, el cual puede

facilitar o impedir el aprendizaje tecnológico y la innovación en las organizaciones. Así, el concepto de ‘sistema de innovación’ es objeto actualmente de amplia investigación en relación con su significado e implicaciones para el desarrollo productivo de las comunidades. Las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación se convierten entonces en un tema de preocupación para aquellos involucrados en la gestión tecnológica de empresas y organizaciones, que deben estar en capacidad de entender, analizar y ayudar a construir mediante la crítica y la interacción activa con las entidades del gobierno.

Hitos en la construcción de una institucionalidad para la CTI en Colombia

Aunque podríamos identificar hechos históricos que han dejado huella en nuestro desarrollo científico y tecnológico ya desde la Colonia, nuestra institucionalidad actual para la ciencia, la tecnología y la innovación tiene unos antecedentes directos mucho más recientes. Los hechos más significativos, o hitos, que han marcado este desarrollo institucional se enumeran a continuación.

- 1968: Gobierno de Carlos Lleras Restrepo. Creación de Colciencias, como Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales ‘Francisco José de Caldas’, adscrito al Ministerio de Educación Nacional (decreto 2869 del 20 de noviembre).
- 1984: Gobierno de Belisario Betancur. Primer Crédito de Ciencia y Tecnología otorgado por el BID (US \$20 millones más 24 de contrapartida).
- 1987: Gobierno de Virgilio Barco. ‘Foro Nacional sobre Política de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo’, realizado en Bogotá entre el 7 y el 9 de octubre. En él se decidió presentar al Congreso un proyecto de ley marco para estructurar un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología para el país.
- 1988-1989: Año Nacional de la Ciencia y la Tecnología.
- 1988-1990: Misión de Ciencia y Tecnología.
- 1990: Ley Marco de Ciencia y Tecnología (ley 29 de 1990), que crea el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y adscribe a Colciencias al DNP.
- 1991: Constitución Política (artículos 69, 70 y 71).

- 1991: Decretos-ley de Ciencia y Tecnología, que desarrollan la Ley Marco de Ciencia y Tecnología.
- 1991: Segundo Crédito de Ciencia y Tecnología otorgado por el BID (US\$40 millones más US\$26,7 de contrapartida).
- 1992: Ley 6ª de 1992, Reforma Tributaria. Incorporación al Estatuto Tributario de los estímulos fiscales para las donaciones e inversiones en CyT (artículo 125 ‘Deducción por donaciones’; artículo 158-1 ‘Deducción por inversiones en investigación científica y tecnológica’; artículo 480 ‘Exención de IVA para bienes y equipos importados’).
- 1992: Instalación de los Consejos de los Programas Nacionales de CyT.
- 1993: Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo (Misión de los Sabios).
- 1995: Tercer Crédito de Ciencia y Tecnología otorgado por el BID (US\$100 millones más US \$105 de contrapartida).
- 1996: Ley 344. Financiación del SENA para Programas de Competitividad y Desarrollo Tecnológico Productivo.
- 2000: Gobierno de Andrés Pastrana. Red Colombia Compite, programa transversal de la Política Nacional de Productividad y Competitividad
- 2002: Crédito del Banco Mundial para Educación Superior (programa ACCES).
- 2006: Gobierno de Álvaro Uribe. Sistema Nacional de Competitividad
- 2009: Ley 1286 de Ciencia, Tecnología e Innovación, que crea en Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y eleva a Colciencias a la categoría de Departamento Administrativo Nacional.
- 2011: Gobierno de Juan Manuel Santos. Creación del Sistema General de Regalías mediante el Acto Legislativo número 5, que destina a la financiación de la ciencia, la tecnología y la innovación el 10% de las regalías que recibe la Nación por la explotación de recursos naturales no renovables.
- 2019: Gobierno de Iván Duque. Creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación mediante la Ley 1951 de 2019.

La institucionalidad colombiana en Ciencia, Tecnología e Innovación

En el desarrollo de la institucionalidad colombiana en CTI podemos identificar cuatro etapas: 1) desarrollo inicial de capacidades científicas y tecnológicas; 2) creación y consolidación de Colciencias; 3) Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología; y 4) Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Etapas de desarrollo inicial de capacidades científicas y tecnológicas

Esta etapa cubre el periodo que va desde la conformación de la República de Colombia hasta la creación de Colciencias en 1968. El eje central de esta etapa del desarrollo de la institucionalidad colombiana en CTI lo forman las Instituciones de Educación Superior y los primeros pasos hacia la creación de capacidades propias de investigación y servicios científicos y tecnológicos en el país. Luego de la independencia de España, distintos gobiernos dieron pasos significativos hacia la consolidación de la educación superior como servicio público, con la creación de nuevas instituciones y la diversificación, ampliación y especialización de la oferta educativa a nivel superior. Paralelamente, surgieron y se consolidaron en el país Instituciones de Educación Superior privadas, sin ánimo de lucro, cuyo aporte al desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas en el país ha sido indudable.

En esta etapa se enmarca también el surgimiento de las primeras instituciones no educativas cuya misión tenía una orientación explícita hacia la investigación científica y tecnológica. Entre estas, algunas de las más relevantes fueron el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el Instituto de Investigaciones Industriales (IIT) y el Instituto de Investigaciones del Petróleo (ICP-Ecopetrol). La iniciativa privada también aportó capacidad institucional en este sentido, a través de entidades como el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) y otros centros del sector agropecuario.

Finalmente, en esta etapa se empieza a conformar también la capacidad institucional colombiana en materia de servicios científicos y tecnológicos, con la creación de instituciones responsables de la prestación de servicios públicos de información científica y tecnológica (Biblioteca Luis Ángel Arango en Bogotá, Biblioteca Pública Piloto de Medellín para América Latina y otras); la creación de la Superintendencia de Regulación Económica,

hoy Superintendencia de Industria y Comercio, quien más tarde asumiría responsabilidades relacionadas con el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología; y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec).

Creación y consolidación de Colciencias

Colciencias fue creada en 1968 durante el gobierno de Carlos Lleras Restrepo, como Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales ‘Francisco José de Caldas’, adscrito al Ministerio de Educación Nacional (decreto 2869 del 20 de noviembre). Este hecho marca el inicio de la segunda etapa del desarrollo de la institucionalidad colombiana en CTI, centrada en el esfuerzo por posicionar la CyT como objetivos de política y actividad pública en las instancias del gobierno central. La creación de Colciencias culmina un esfuerzo nacional inducido en gran medida por la Organización de Estados Americanos (OEA), organización que impulsó en la posguerra la conformación de consejos nacionales de ciencia y tecnología en los países americanos. Bajo este influjo, por ejemplo, fueron creados el Conacyt mexicano, el Concytec peruano, el Conicet argentino, el Conicyt chileno y el Conicit venezolano.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología fue establecido en Colombia mediante el mismo decreto que creó a Colciencias en 1968. De esta forma, inicia un proceso de posicionamiento de la CTI en las políticas y la financiación pública que tiene momentos culminantes hacia mediados y finales de la década de los 80 del siglo pasado, con hechos como el primer crédito de ciencia y tecnología del BID en 1984, el Foro Nacional sobre Política de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (1987), el Año Nacional de la Ciencia y la Tecnología (1988-89) y la Misión de Ciencia y Tecnología entre 1988-90.

El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología

Como resultado del esfuerzo de posicionamiento político de la CyT liderado por Colciencias a finales de los 80, se tramitó y aprobó la denominada Ley Marco de Ciencia y Tecnología en 1990, que establece las responsabilidades del Estado para la promoción de la CyT y otorga facultades extraordinarias al gobierno para legislar por el término de un año en ciertos asuntos que competen al Estado. En el marco de estas facultades extraordinarias y bajo el liderazgo de Colciencias, se aprobaron varios decretos-ley que desarrollaron el alcance de la Ley de CyT, entre los cuales los más significativos

fueron el decreto-ley 585 de 1991, que crea el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT) y reestructura a Colciencias; el decreto-ley 393 de 1991, que establece un régimen especial de asociación entre entidades públicas y privadas para CyT; y el decreto-ley 393 de 1991, que crea un régimen especial de contratación entre entidades públicas y privadas para CyT.

El SNCyT constituyó el primer marco institucional de carácter legal para la Ciencia y la Tecnología en el país. Según el decreto-ley 585 de 1991, Artículo 4, el SNCyT “...es un sistema abierto, no excluyente, del cual forman parte todos los programas, estrategias y actividades de ciencia y tecnología, independientemente de la institución pública o privada o de la persona que los desarrolle”. Además de la conformación de este sistema, este decreto-ley reestructuró a Colciencias, transformándolo de un fondo a un instituto y cambiando de adscripción del Ministerio de Educación Nacional al Departamento Nacional de Planeación.

Esta etapa del desarrollo de la institucionalidad de CTI está centrada en el SNCyT, que constituye una forma de aproximación sistémica al entendimiento de las dinámicas de la CTI y coloca a Colciencias en una posición de mayor capacidad de interlocución institucional y de actuación transversal, en todos los campos en que la CTI está llamada a jugar un papel desde una perspectiva pública. No obstante, es importante aclarar que el concepto de ‘sistema’ se usa aquí en un sentido institucionalista, que hace alusión al conjunto de instancias, responsabilidades, relaciones, procedimientos y regulaciones que confieren posibilidades y limitaciones a las entidades públicas para el desarrollo legítimo de actividades de promoción, fomento, coordinación y financiación de la CTI. En este sentido, este término difiere del concepto más amplio de ‘sistema’ usado en la aproximación sistémica al estudio de fenómenos complejos, que se deriva de la Teoría General de Sistemas de Ludwig von Bertalanffy y que es aplicado en conceptos como ‘sistema de innovación’ y ‘sistema tecnológico’.

Las principales instancias de dirección y coordinación creadas por ley para el SNCyT fueron:

a) El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Los ‘Consejos Nacionales’ son las máximas instancias asesoras de política en la institucionalidad colombiana. Son tradicionales, por ejemplo, el Conpes (Consejo Nacional de Política Económica y Social) y el Confis (Consejo Nacional de Política Fiscal), entre otros. El Consejo Nacional

de Ciencia y Tecnología estaba presidido por el Presidente de la República, quien solo podía delegar su presidencia en el Director General del Departamento Nacional de Planeación. Estaba constituido por miembros representantes de instituciones del gobierno, miembros académicos (rectores de universidades públicas y privadas), miembros investigadores y miembros empresarios o de organizaciones privadas. El carácter de sus miembros (excepto los institucionales) no era de representación, sino que eran elegidos por sus méritos y su participación en el Consejo era a título personal. La Secretaría Técnica y Administrativa del Consejo era ejercida por Colciencias.

b) Los Consejos de Programa Nacional de Ciencia y Tecnología

Los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología fueron creados por el decreto-ley 585 de 1991, como “un ámbito de preocupaciones científicas y tecnológicas estructurado por objetivos, metas y tareas fundamentales, que se materializa en proyectos y otras actividades complementarias que realizarán entidades públicas o privadas, organizaciones comunitarias o personas naturales” (Artículo 5). La norma creó siete programas nacionales, a saber:

Programa Nacional de Ciencias Básicas

Programa Nacional de Ciencias Sociales y Humanas

Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad

Programa Nacional de Ciencia y Tecnologías Agropecuarias

Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat

Programa Nacional de Estudios Científicos de la Educación

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud

Adicionalmente, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología creó otros cuatro Programas Nacionales:

Programa Nacional de Ciencias del Mar

Programa Nacional de Biotecnología

Programa Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática (ETI)

Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería

Cada uno de estos once programas era coordinado por un Consejo Nacional de composición tripartita (sector gobierno - sector investigación - sector privado), cuya presidencia estaba en cabeza del Ministerio afín al tema

respectivo (con excepción de los programas de Ciencias básicas, Ciencias sociales y humanas, Ciencias del mar y Biotecnología). En todos los casos la Secretaría Técnica y Administrativa era ejercida por Colciencias y el Ministerio que lo presidía (esto último sólo en los Programas presididos por un Ministro o su delegado).

c) Las comisiones (consejos o comités) regionales de ciencia y tecnología

Estas instancias constituyeron los órganos de dirección y coordinación del SNCyT a nivel regional a partir de la ley 29 de 1990. Inicialmente, las regiones de Ciencia y Tecnología en el país correspondieron a los Consejos Regionales de Política Económica y Social (Corpes). Con la desaparición de estas últimas, las regiones de ciencia y tecnología se fueron asimilando a los departamentos y las Comisiones Regionales pasaron a ser Comisiones o Consejos Departamentales de Ciencia y Tecnología; solo en el caso de los departamentos de la Costa Caribe se hicieron esfuerzos por conservar una sola instancia regional de dirección y coordinación.

d) Los Comités para el Desarrollo de Estrategias

Estos Comités, cuya creación fue posibilitada por el decreto-ley 585 de 1991, no se constituyeron en la práctica. La única excepción fue el Comité de Formación de Recursos Humanos para la Ciencia y la Tecnología, creado expresamente por la ley, que fue la instancia de dirección y coordinación del SNCyT para los programas de beca-crédito de estudios en el exterior y de fortalecimiento de los doctorados nacionales.

También se posibilitó la creación de Consejos de Programas Regionales, pero estas instancias nunca se constituyeron ni pusieron en marcha. Posteriormente, a nivel regional, Colciencias impulsó el desarrollo de Agendas Regionales de Ciencia y Tecnología y de Programas Territoriales de Ciencia y Tecnología bajo la dirección de grupos gestores territoriales, en un afán por comprometer a los agentes territoriales clave en el impulso regional de la CTI.

Por otra parte, la ley posibilitó a Colciencias diseñar, impulsar y ejecutar estrategias permanentes de Ciencia y Tecnología. Desde entonces, Colciencias impulsa iniciativas en cinco estrategias permanentes que, en lo fundamental, corresponden a los siguientes temas:

a) Formación de Recursos Humanos para la Ciencia y la Tecnología

- b) Internacionalización de la Comunidad Científica y Tecnológica
- c) Ciencia, Comunicación y Cultura
- d) Regionalización de la Ciencia y la Tecnología
- e) Información Científica y Tecnológica

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

La última etapa del desarrollo de la institucionalidad colombiana en CTI comienza con la transformación del SNCyT por la ley 1286 de 2009 en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), como

“...un sistema abierto del cual forman parte las políticas, estrategias, programas, metodologías y mecanismos para la gestión, promoción, financiación, protección y divulgación de la investigación científica y la innovación tecnológica, así como las organizaciones públicas, privadas o mixtas que realicen o promuevan el desarrollo de actividades científicas, tecnológicas y de innovación”. (Art. 20)

La redefinición que hace esta ley del SNCTI busca integrar más explícita y centralmente la innovación a las dinámicas de la ciencia y la tecnología, como una dimensión del fenómeno de creación y aplicación del conocimiento que es vital para la transformación de los resultados de la CyT en riqueza económica, bienestar social y desarrollo humano. Consecuentemente, eleva a Colciencias al rango de Departamento Administrativo, una instancia organizacional pública que se sitúa al nivel de los ministerios, buscando una mayor incidencia de Colciencias en la vida nacional.

Con la aplicación de esta ley, se introdujeron algunos cambios al antiguo SNCyT, entre los cuales figuran los siguientes:

- a) El Consejo Asesor de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación

A partir de la ley 1286 de 2009, varias de las funciones principales del antiguo Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología fueron asumidas por el Consejo Asesor de Ciencia, Tecnología e Innovación, que pasó a ser presidido por el Director General de Colciencias. Las funciones que en materia de beneficios tributarios venía ejerciendo el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología fueron asumidas por el Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación creado por la nueva ley.

b) Los Programas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación y sus Consejos de Programa

La ley 1286 de 2009 otorgó a Colciencias la facultad de reorganizar los programas nacionales y sus respectivos consejos. Entre los cambios introducidos figura su presidencia, que para todos los programas será desempeñada por el director de Colciencias; y su secretaría técnica y administrativa, que estará en todos los casos bajo la responsabilidad de la Secretaría General de Colciencias. A la fecha, los programas nacionales han sido reorganizados como:

- Biotecnología
- Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuarias
- Ciencia, Tecnología e Innovación del Mar y de los Recursos Hidrobiológicos
- Ciencia, Tecnología e Innovación en Ambiente, Biodiversidad y Hábitat
- Ciencia, Tecnología e Innovación en Educación
- Ciencia, Tecnología e Innovación en Seguridad y Defensa
- Ciencias Básicas
- Ciencias, Tecnologías e Innovación de las áreas Sociales y Humanas
- Desarrollo Tecnológico e Innovación Industrial
- Electrónica, Telecomunicaciones e Informática
- Formación de Investigadores
- Investigaciones en Energía y Minería
- Tecnología e Innovación en Salud

c) Los Consejos Regionales de Ciencia y Tecnología

Con la ley 1286 de 2009 se ratifica al departamento como la unidad territorial para la regionalización de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, con la posibilidad de que sus administraciones creen Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación como instancias de dirección y coordinación regionales.

- d) La creación del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Fondo Francisco José de Caldas.

Este fondo busca hacer realidad un marco normativo de gestión de la inversión en CTI, del que carecía el anterior SNCyT. De esta manera, se pretende dotar a Colciencias de instrumentos de financiación adecuados a las posibilidades de ingresos y a la naturaleza de las actividades a financiar, que permitan superar algunas de las limitaciones del marco normativo que aplica al manejo presupuestal ordinario de las entidades públicas.

Esta etapa culmina en 2019 con la creación, durante el gobierno de Iván Duque, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, reemplazando y fortaleciendo en sus funciones al anterior Departamento Administrativo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, creado por la Ley 1286 de 2009.

Instrumentos jurídicos para la actuación pública en CTI

Durante casi dos décadas, el SNCyT se conformó y fundamentó jurídicamente en la Ley Marco de Ciencia y Tecnología (ley 29 de 1990) y en los decretos-ley que la desarrollaron. A partir de la constitución de 1991, la promoción de la investigación y el incentivo al desarrollo de la ciencia y la tecnología adquirieron la categoría de mandato constitucional para el Estado colombiano. Más recientemente, el marco jurídico de la CTI se reformó con la ley 1286 de 2009 y el acto legislativo número 5 de 2011 modificó la constitución política, asignándole al Estado recursos para la financiación de la CTI. Estas y otras normas complementarias constituyen los instrumentos jurídicos actuales para la actuación pública en materia de CTI, que se resumen a continuación.

- o Los artículos 69, 70 y 71 de la constitución política colombiana.
- o El decreto-ley 585 de 1991 que conforma el SNCyT y define sus instancias de dirección y coordinación, y la ley 1286 de 2009 que lo transforma en el SNCTI, redefine dichas instancias y crea otras. Estas mismas normas reestructuraron a Colciencias, cambiando su categoría institucional y su adscripción (cuadro 2).
- o El decreto-ley 393 de 1991, que crea un régimen especial de asociación entre entidades públicas y privadas para realizar ciertas actividades de

ciencia y tecnología. Bajo este régimen especial, el Estado y los particulares pueden realizar dichas actividades bajo dos modalidades de asociación: a) de manera permanente, creando entidades de ciencia y tecnología sin ánimo de lucro (tipo asociaciones, fundaciones y corporaciones); b) de manera temporal, suscribiendo convenios especiales de cooperación científica y tecnológica. Para ambos casos rigen las normas aplicables del Derecho Privado, con excepción de la obligatoriedad de: 1) garantizar la debida apropiación y registro presupuestal de los aportes de las entidades públicas; 2) hacer las publicaciones debidas en el Diario Oficial; y 3) pagar el Impuesto de Timbre Nacional.

Cuadro 2. Las reestructuraciones de Colciencias (1991, 2009 y 2019)

A través del decreto-ley 585 de 1991 se reestructuró a Colciencias. De Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales ‘Francisco José de Caldas’, adscrito al Ministerio de Educación Nacional (decreto 2869 de 1968), esta entidad pasó a ser el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología ‘Francisco José de Caldas’, adscrito al Departamento Nacional de Planeación (DNP). Tal cambio se decidió frente a tres principales alternativas: crear un Ministerio de Ciencia y Tecnología; dejarlo adscrito al Ministerio de Educación Nacional; o adscribirlo al Ministerio de Desarrollo Económico.

La propuesta de adscribir a Colciencias al DNP prevaleció sobre la base de tres argumentos fundamentales:

- La intención de convertir la Ciencia y la Tecnología en factor de desarrollo de alta pertinencia para todos los ministerios y asuntos del Estado.
- Una mayor capacidad de interlocución del Instituto con todos los ministerios y otras entidades gubernamentales.
- Una mayor cercanía e injerencia del Instituto en los asuntos de planeación nacional, principalmente a través de los Planes Nacionales de Desarrollo, cuyo diseño, elaboración y ejecución es responsabilidad del DNP.

Sin embargo, después de casi dos décadas de implementación, esta solución mostró ser insuficiente, por lo que varios congresistas revivieron la propuesta de crear un Ministerio de Ciencia y Tecnología, que concluyó con la transformación de Colciencias en un Departamento Administrativo Nacional mediante la ley 1286 de 2009 y, posteriormente en 2019, la creación del tan anhelado ministerio.

- El decreto-ley 591 de 1991, que crea un régimen especial de contratación entre entidades públicas y privadas para realizar ciertas actividades de Ciencia y Tecnología⁶. Bajo este régimen especial, el Estado y los par-

⁶ Este decreto-ley fue parcialmente derogado por la ley 80 de 1993, que regula la contratación de las entidades del Estado; sin embargo, quedaron vigentes algunos de los ele-

ticulares pueden contratar la realización de dichas actividades en cuatro modalidades: a) Contratos de reembolso obligatorio; b) Contratos de reembolso condicional; c) Contratos de reembolso parcial; y d) Contratos de recuperación contingente⁷. Al igual que para el caso del régimen especial de asociación, estos contratos se rigen por las normas aplicables al Derecho Privado, con excepción de las tres obligaciones ya mencionadas sobre apropiación y registro presupuestal, publicación en el *Diario Oficial* y pago del Impuesto de Timbre Nacional.

- La ley 344 de 1996, que establece la obligatoriedad para el SENA de destinar el 20% de los ingresos por parafiscales para financiar programas de competitividad y desarrollo tecnológico productivo.
- La ley 590 de 2000, artículos 17 a 23, que crea y estructura el Fondo Colombiano de Modernización y Desarrollo Tecnológico de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Fomipyme) (reglamentado por el decreto 3321 de 2011 y modificado por la ley 1450 de 2011). Con los cambios recientes, este fondo pasó a denominarse Fondo de Modernización e Innovación para las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas.
- La ley 643 de 2001 (artículo 42, parágrafo 1), que crea el Fondo de Investigación en Salud y le asigna el 7% de los recursos provenientes de la explotación del monopolio de juegos de suerte y azar que tienen los departamentos, los municipios y el Distrito Capital (aplica solamente para ciertos juegos).
- Estatuto tributario - descuentos y exenciones de CTI: exención de IVA (artículo 428-1), deducción por inversiones (artículo 158-1), rentas exentas provenientes de nuevos productos medicinales y *software* (artículo 207-2 #8).
- La ley 1014 de 2006, que establece el marco institucional y normativo para el fomento a la cultura del emprendimiento.
- La ley 1286 de 2009 amplía las posibilidades del decreto-ley 591 de 1991 mediante la definición del Marco de Inversión en Ciencia, Tecnología e

mentos del régimen especial de contratación para la CyT, en particular las modalidades de financiación aplicables a las actividades científicas y tecnológicas.

⁷ De estos tipos de contrato, en la práctica los más aplicados son los de reembolso obligatorio y los de recuperación contingente, sobre los cuales se han diseñado instrumentos específicos de fomento que se explicarán más adelante.

Innovación y la creación del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (Fondo Francisco José de Caldas).

- El acto legislativo número 5 de 2011, reglamentado por la ley 1530 de 2012, que crea el Sistema General de Regalías y el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación; estas normas y otras complementarias que reglamentan y regulan el funcionamiento de este sistema, apalancan la financiación de CTI con el 10% de las regalías que obtiene la Nación por la explotación de los recursos naturales no renovables.
- La ley 1951 de 2019, por la cual se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, se definen sus objetivos y se establecen disposiciones sobre su presupuesto.

Los tres marcos de política pública de CTI

Las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación se formulan desde plataformas de pensamiento que proporcionan bases racionales y prácticas para su implementación. Estas plataformas de pensamiento son denominadas ‘marcos de política de CTI’ por Schot y Steinmueller (2018), quienes identifican tres marcos en el contexto histórico de la posguerra: el primer marco proporciona la base de la institucionalización de la CTI a la terminación de la Segunda Guerra Mundial, sobre la presunción de que el apoyo estatal a la CTI contribuirá al crecimiento económico y a resolver las fallas de mercado para incentivar la inversión privada en I+D. El segundo marco surgió en la década de 1980, con la globalización de la economía y la preocupación por la competitividad; este marco se estructuró en torno a los sistemas nacionales de innovación, enfocándose en la creación de **vínculos, agrupaciones y redes** para estimular el aprendizaje entre los componentes del sistema, con la empresa y el emprendimiento como su eje dinamizador.

Schot y Steinmueller (2018) identifican un tercer marco de política de CTI vinculado a los desafíos sociales y ambientales contemporáneos, representados por los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Según estos autores, este marco se caracteriza por un llamado al cambio transformador de los sistemas sociotécnicos (innovación transformativa), a partir de la identificación de sus características clave y su potencial para provocar dinámicas no atendidas en los dos marcos anteriores, con la experimentación como característica central de su enfoque. Los autores argumentan que los tres marcos son relevantes para la formulación de políticas de CTI y pueden coexistir;

sin embargo, hacen una crítica a los dos primeros marcos, que consideran insuficientes, y un llamado no solo a desarrollar el tercer marco, sino a que la política de innovación transformativa sea una prioridad.

La crítica a los dos primeros marcos de política de CTI se fundamenta en las siguientes consideraciones:

- Además de su naturaleza creativa, la innovación también tiene una cara destructiva, que lleva a beneficiar a unos pocos a expensas de muchos, creando, con frecuencia, más problemas de los que resuelve (Soete, 2013).
- Muchas de las tecnologías desarrolladas en estos marcos de política están profundamente implicadas en los persistentes problemas sociales y ambientales que está encarando el mundo actual (Soete, 2013).
- Las principales innovaciones recientes desarrollan el paradigma actual de producción y consumo masivos, basados en combustibles fósiles y el uso excesivo de recursos (Meadows, Randers & Meadows, 2004; Bardi, 2011; Steffen, Richardson & Rockström, 2015).
- También han contribuido directamente a la persistencia y, en algunos casos, a la exacerbación de la desigualdad, ya que favorecen las soluciones de alta tecnología, suponen infraestructuras generalizadas, de alta calidad y costosas, y generan productos masivos destinados principalmente a consumidores de alto poder adquisitivo (Kaplinsky, 2011).
- Las políticas de innovación en los dos primeros marcos pueden conducir al crecimiento económico pero, incluso en economías de rápido crecimiento, como la de China, este crecimiento está acompañado de una creciente desigualdad (Dutrénit & Sutz, 2014).

La Política Nacional de CTI

Las políticas nacionales de CTI que se han impulsado hasta ahora en Colombia corresponden, en general, a iniciativas que Schot y Steinmueller (2018) clasificarían en los dos primeros marcos. Estas políticas se dibujan, en sus grandes rasgos, en el Plan Nacional de Desarrollo. Una definición más detallada de la política se realiza, tradicionalmente, a través de los documentos Conpes.

Aunque por derecho propio cada gobierno formula e implanta una política propia, en materia de CTI se constata una cierta permanencia de los

lineamientos básicos que definen la política, como corresponde a iniciativas impulsadas en los dos primeros marcos de política de CTI. Estas políticas han tenido, como objetivo fundamental, fomentar la generación y aplicación creativa del conocimiento científico y tecnológico, buscando incrementar la riqueza económica y el bienestar social de la población colombiana, con criterios de responsabilidad social, sostenibilidad ambiental y respeto por los principios éticos aplicables.

Igualmente se constata, con algunos tintes propios en cada gobierno y, sobre todo, variaciones importantes en los recursos presupuestales disponibles, propuestas en las siguientes direcciones estratégicas:

- Promoción y fomento de la I+D

El Estado colombiano tiene la responsabilidad constitucional de promover la investigación científica. Esta responsabilidad es asumida por las organizaciones gubernamentales de varias formas, entre ellas mediante la financiación de la investigación científica y tecnológica como uno de los instrumentos básicos de política. Tal responsabilidad es asumida por el Estado en consideración a que la investigación científica y tecnológica es un factor clave de desarrollo, cuya dinámica no puede dejarse enteramente en manos de agentes privados que toman decisiones con base en las señales del mercado. Si esto fuera así, habría una sub-inversión en investigación que tendría profundas implicaciones económicas y sociales, debido principalmente a las siguientes consideraciones:

- El éxito de la investigación es incierto y riesgoso.
- Sus resultados, cuando son exitosos, usualmente son aplicables y explotables económicamente en el largo plazo (desde una perspectiva empresarial).
- Gran parte del conocimiento resultante de la investigación (sobre todo básica, pero también aquella realizada en campos sociales y humanos) es de difícil o imposible protección y apropiación por agentes privados para su explotación económica.

- Incentivo a la innovación tecnológica

Desde 1995 el gobierno colombiano viene impulsando una política explícita en materia de innovación tecnológica, con el objetivo fundamental de fortalecer los sistemas responsables de la producción y transformación del conocimiento científico y tecnológico en riqueza económica y

bienestar social. Para ello, se ha soportado teóricamente en la perspectiva sistémica de la innovación y sus propuestas en torno a los sistemas nacionales y regionales de innovación. Como es propio de tal aproximación teórica, la empresa productiva de bienes y servicios ocupa un lugar privilegiado en la política como beneficiaria de los sistemas de incentivo diseñados para promover la innovación.

- Fortalecimiento institucional para la ciencia, la tecnología y la innovación

Esta estrategia se ha venido impulsando en cuatro frentes: a) el fortalecimiento del SNCTI en sus instancias de dirección y coordinación, y en su capacidad para aunar, articular y canalizar esfuerzos y recursos interinstitucionales; b) la creación y consolidación de grupos y centros de investigación; c) la creación y consolidación de centros de desarrollo tecnológico, centros regionales de productividad, incubadoras de empresas de base tecnológica y otras unidades de interfaz investigación-producción; y d) el impulso a la formación de redes y al trabajo colaborativo en conglomerados (*clusters*), cadenas productivas y otras formas de asociación para la innovación y la producción.

- Formación de recursos humanos para la ciencia y la tecnología

En el marco de esta estrategia se han impulsado programas de formación de investigadores a nivel de maestría y doctorado en el país y en el exterior a través del mecanismo de las becas-crédito. Más recientemente y con recursos de crédito del Banco Mundial, se está impulsando una estrategia de fortalecimiento de los programas nacionales de doctorado, que conjuga el otorgamiento de becas-crédito y la financiación de la movilidad de investigadores, de proyectos de investigación y de infraestructura para la investigación, a nivel de construcciones y adecuaciones locativas, equipos, bibliografía y *software*.

También se han impulsado programas para propiciar la iniciación de estudiantes de pregrado y de profesionales recién graduados en las actividades investigativas, buscando fomentar el espíritu científico y el gusto por la investigación desde etapas tempranas en el desarrollo profesional de los jóvenes.

- Ciencia, comunicación y cultura

Fortalecer la ciencia y la tecnología como componentes vitales de la cultura a través de los recursos de la comunicación y la educación es el

propósito básico de esta estrategia. En el marco de la misma se han impulsado iniciativas como el Programa Cuclí-Cuclí y, más recientemente, Ondas, dirigidos a propiciar el desarrollo del espíritu investigativo en niños y niñas de edad escolar y preuniversitaria. En otros frentes de trabajo, esta estrategia propende el logro de altos estándares de calidad de las publicaciones periódicas de carácter científico y tecnológico, a través del servicio de escalafonamiento de revistas y otras publicaciones periódicas en Publindex (Índice Nacional de Publicaciones Seriadas Científicas y Tecnológicas Colombianas). Igualmente, apoya la consolidación del periodismo científico colombiano y los esfuerzos de distintas entidades en la divulgación y apropiación pública de la ciencia y la tecnología.

- Internacionalización de la comunidad científica y tecnológica

Una fuerte dimensión internacional de las actividades científicas y tecnológicas es esencial para consolidar los grupos y centros de investigación nacionales y para insertar con éxito a las empresas en redes internacionales de innovación. Esta dimensión es fortalecida mediante la estrategia de internacionalización científica y tecnológica, que se aplica mediante varios mecanismos que facilitan la movilidad de los investigadores y su participación en programas y redes internacionales de investigación tipo CYTED y otros programas de cooperación internacional impulsados por organismos multilaterales como la OEA, la OEI, la SECAB, etc., o por entidades financieras multilaterales como el BID, el Banco Mundial, la CAF, etc., o enmarcados en acuerdos bilaterales con otros países.

- Regionalización de la ciencia y la tecnología

Como la otra cara de la moneda de un mundo cada vez más globalizado, lo regional y local está también tomando cada vez más relevancia, hasta el punto de que se ha acuñado el término ‘glocalización’ para referirse a estas tendencias de desarrollo aparentemente contradictorias. Para dar respuesta a esta realidad, el SNCTI impulsa una estrategia de regionalización que atiende las necesidades de consolidación de una plataforma institucional formal para la promoción de la ciencia, la tecnología y la innovación en los departamentos a través de la constitución de consejos departamentales, así como también la consolidación de capacidades de política y gestión del desarrollo científico y tecnológico regional y local (por ejemplo, mediante la formulación de planes estratégicos de desarrollo, agendas, programas y proyectos departamentales y municipales).

Instrumentos financieros y fiscales⁸

Para apoyar la implantación de las políticas anteriores, en el país se han diseñado y aplicado un conjunto de instrumentos de tipo financiero y fiscal que constituyen componentes clave del sistema de incentivos a la innovación y el desarrollo científico y tecnológico. Entre ellos se destacan los siguientes: a) la financiación bajo la modalidad de recuperación contingente; b) la modalidad de crédito de reembolso obligatorio con incentivo a la innovación tecnológica; c) la cofinanciación; d) el capital de riesgo; e) la exención del IVA; f) la deducción tributaria; y g) la exención de impuesto a las rentas generadas por nuevos productos medicinales y de *software*.

Financiación de recuperación contingente

Esta es una modalidad de financiación diseñada para proyectos de I+D cuyos resultados no son susceptibles de aplicar y explotar económicamente en el corto plazo. A ella pueden aspirar los grupos y centros de investigación, ya sea pertenecientes a instituciones de educación superior o constituidos independientemente como entidades de ciencia y tecnología sin ánimo de lucro. Típicamente, este tipo de instrumento financiero se aplica mediante un contrato entre la entidad financiadora (Colciencias, por ejemplo) y la entidad beneficiaria, cuyo objeto es la ejecución de un proyecto de investigación que establece unos objetivos, una metodología, unas actividades, un cronograma, unos resultados, un equipo de personas y unos recursos costeados en forma de presupuesto. A la finalización del proyecto ambas entidades proceden a su liquidación, en la que se declara el paz y salvo de la entidad beneficiaria, en caso de que el informe del proyecto sea satisfactorio. En caso de que se configure alguna de las razones de recuperación contingente (básicamente, incumplimiento del contrato en alguno de sus componentes), en el acta de liquidación del contrato se establece la cantidad que la entidad beneficiaria deberá reintegrar a la entidad financiadora. Igual sucede si el presupuesto del proyecto no se ejecuta según lo convenido, en cuyo caso la entidad beneficiaria tendrá que reintegrar los recursos no ejecutados o remanentes.

⁸ Para información detallada y actualizada sobre los temas de esta sección, se recomienda visitar los sitios web de las entidades del gobierno nacional con responsabilidades de desarrollo científico y tecnológico, entre ellas Colciencias, el **SENA**, Bancóldex, Finagro y los ministerios (principalmente el de Comercio, Industria y Turismo, el de Agricultura y Desarrollo Rural y el de Salud y Protección Social).

Una de las situaciones problemáticas que surgen con frecuencia en los procesos de asignación de recursos financieros en la modalidad de recuperación contingente es la selección de los proyectos que se financiarán. Obviamente, la dificultad aquí estriba en la definición de criterios adecuados de evaluación, en la aplicación correcta de tales criterios en el proceso de evaluación y en una acertada decisión de parte de los responsables a partir de la información recopilada. El procedimiento de selección establecido en el caso colombiano incluye, normalmente, una convocatoria pública a presentar proyectos, la evaluación por ‘pares’ de cada uno de los proyectos presentados a la convocatoria y la decisión por parte del Consejo del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del área respectiva.

Créditos de fomento a la innovación tecnológica

Los créditos de fomento a la innovación tecnológica suelen ser ofrecidos por entidades gubernamentales, directamente o a través de la banca comercial, en los cuales el fomento consiste usualmente en una combinación de bajos intereses, plazos de gracia para el pago de intereses y/o la amortización del capital, y periodos largos de pago del crédito. Además, en Colombia, el decreto-ley 591 de 1991 permite a las entidades estatales firmar contratos de reembolso condicional o parcial, a través de los cuales una entidad puede otorgar incentivos adicionales que disminuyen el capital de la deuda. Un ejemplo de este tipo de financiación es el crédito con incentivo a la innovación tecnológica, que fue ofrecido por Colciencias y Bancóldex a través de la banca comercial con recursos del tercer crédito BID de Ciencia y Tecnología. En estos créditos, Colciencias aportaba un prepago a la deuda del empresario en un porcentaje que podía oscilar entre el 25 y el 50% del crédito aprobado, con hasta tres años de gracia para el pago de intereses y hasta 10 años para la amortización del capital.

El procedimiento para solicitar los créditos de fomento a la innovación consiste en formular un proyecto y presentarlo a la entidad oferente, acompañado de la información sobre la empresa, tal como usualmente es requerida por las entidades financieras. Dicha información incluye, típicamente, los estudios y evaluaciones de mercado y financiera del proyecto, las proyecciones del flujo de caja, los estados financieros de la empresa y las garantías ofrecidas. A manera de ilustración, en la figura 8 se muestra el flujo de actividades asociadas a una solicitud de crédito presentada a la línea Bancóldex-Colciencias y que involucra también una solicitud de certificado de garantía del Fondo Nacional de Garantías.

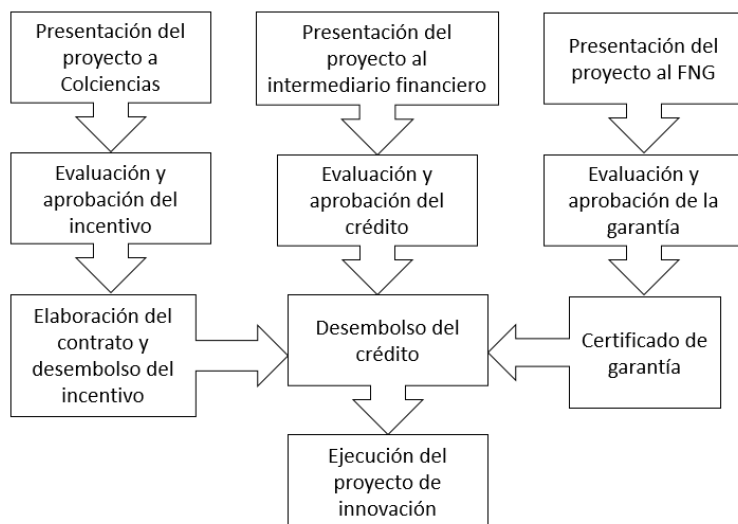


Figura 8. Procedimiento para el trámite de una solicitud de crédito con Incentivo a la Innovación Tecnológica

Cofinanciación

Esta modalidad se aplica a proyectos cooperativos de investigación y desarrollo tecnológico que se ejecutan mediante alianzas estratégicas entre entidades beneficiarias (empresas y organizaciones productivas de bienes y servicios que se benefician directamente de los resultados del proyecto) y entidades ejecutoras (instituciones de educación superior, centros de investigación, centros de desarrollo tecnológico y otros centros tecnológicos similares). Estas entidades ejecutoras deben tener la capacidad científica, tecnológica y administrativa para llevar a cabo el proyecto de manera exitosa.

La modalidad de cofinanciación involucra la financiación bajo un esquema de recuperación contingente de un porcentaje del costo del proyecto, siendo el porcentaje complementario aportado por la entidad beneficiaria como contrapartida. En el caso de los contratos de cofinanciación otorgados por Colciencias, por ejemplo, este instituto financia, con carácter de recuperación contingente, una parte del valor total del proyecto, y la entidad beneficiaria cofinancia la parte complementaria, en proporción 70/30 - 50/50 (o según la convocatoria) dependiendo del tamaño de la entidad beneficiaria (es decir, si se asimila a una pyme o a una gran empresa).

Programas especiales

Recientemente en el país, además de Colciencias, otras entidades también han diseñado y puesto en marcha instrumentos financieros para el fomento de la CTI. Entre ellas, cabe mencionar al SENA, al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y a Bancóldex (cuadro 3).

Cuadro 3. Programas especiales de Bancóldex para el financiamiento de la CTI

 Programa de Transformación Productiva Sectores de clase mundial	El Programa de Transformación Productiva, PTP, es una alianza público-privada, creada por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, que fomenta la productividad y la competitividad de sectores con elevado potencial exportador, por medio de una coordinación más eficiente entre el sector
público y privado que busca: • Mejora la productividad y competitividad sectorial • Facilita la coordinación entre actores públicos y privados • Ayuda a que sectores y empresas puedan beneficiarse de las oportunidades que surgen de los Acuerdos Comerciales, al tener una oferta exportable más sólida • Contribuye a mejorar la calidad de vida de los colombianos como resultado del buen desempeño de sectores productivos y empresas que generen más y mejores empleos	
 iNNpulsa Colombia	Como parte del propósito del Gobierno Nacional de acelerar los motores que jalonan la locomotora de la innovación, se le ha comisionado a Bancóldex como banco de desarrollo integral poner en marcha la unidad de desarrollo e innovación empresarial.
Así nace iNNpulsa Colombia, con el objetivo de estimular los sectores productivos del país y lograr que más innovadores y empresarios incursionen en procesos de alto impacto con énfasis en innovación. Esta nueva unidad estimulará la alianza sector público- sector privado-academia como eje fundamental para desarrollar la innovación en el marco de una estrategia nacional de innovación. iNNpulsa Colombia promoverá las condiciones para apalancar el desarrollo del país desde la innovación y pondrá al servicio de empresarios y emprendedores dinámicos, nuevas herramientas y programas renovados para aprovechar la innovación como motor de la prosperidad.	

Fuente: Bancóldex (2012b).

Fondos de Capital de Riesgo

Los Fondos de Capital de Riesgo son definidos como

[...] empresas que se dedican a servir de intermediarios financieros entre inversionistas potenciales –personas naturales o jurídicas– que bus-

can altas ganancias de capital, más que ingresos corrientes, en inversiones a largo plazo, pero con periodos predefinidos, y empresarios con proyectos de alto riesgo que buscan financiación —aportes de capital o préstamos— para la creación, crecimiento y desarrollo de empresas no financieras. Ello se logra mediante la participación minoritaria en su capital —20-40%— y temporal —entre dos y ocho años—, por efecto de los aportes de fondos captados mediante diversos inversionistas. (Colombia. Departamento Nacional de Planeación, 1998, pp. 193-194)

En etapas tempranas de creación o durante el crecimiento y desarrollo de las nuevas empresas de base tecnológica, los mecanismos de tipo crediticio no son los más adecuados para suplir las necesidades financieras de los emprendedores. En tales situaciones, la disponibilidad de capital de riesgo es vital. Lamentablemente, en Colombia los nuevos emprendimientos empresariales de base tecnológica han tenido dificultades para acceder a esta modalidad de financiación. Para contribuir a resolver esta deficiencia, a mediados de los 90 Colciencias promovió la creación del Fondo Colombiano de Inversiones y Capital de Riesgo S.A., financiado con recursos provenientes de este Instituto y de algunas entidades privadas. Este fondo invirtió luego en Mercurius Ventures S.C.A. con el propósito de avanzar en la consolidación de la oferta de capital de riesgo en el país, de forma que los emprendedores colombianos encontraran en él una alternativa a la financiación de sus empresas.

Recientemente han surgido algunas otras alternativas de acceso a capital de riesgo en el país, que contribuyen a disminuir el déficit que los emprendedores colombianos tienen de esta forma clave de financiamiento empresarial. El programa Bancóldex Capital, por ejemplo, inició en 2009 como una iniciativa conjunta de Bancóldex y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, con el propósito de promover el desarrollo de la industria de Fondos de Capital en Colombia; a 2012, este programa había hecho inversiones en seis fondos y capitalizado 28 empresas de varios sectores de la economía (Bancóldex, 2012a).

Por otra parte, aunque no se trate de un mecanismo de capital de riesgo propiamente dicho, es importante mencionar el programa mediante el cual el SENA, con recursos de la ley 344 de 1996, apoya proyectos de emprendedores presentados a través de las Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica colombianas en las cuales el SENA es socio. También del SENA es el Fondo Emprender, creado en 2002 por iniciativa del Gobierno Nacional, y

cuyo objeto es financiar proyectos empresariales provenientes de aprendices del SENA, practicantes universitarios (que se encuentren en el último año de la carrera profesional) o profesionales que no superen dos años de haber recibido su primer título profesional.

Exención de IVA

El Estatuto Tributario (artículo 428-1) prevé la exención del IVA para los equipos y elementos importados necesarios para el desarrollo de proyectos de carácter científico, tecnológico o de innovación, según los criterios y las condiciones definidas por el Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en CTI. Dichos proyectos deben ser desarrollados por instituciones educativas reconocidas como tales por el Ministerio de Educación Nacional o por centros de investigación o desarrollo tecnológico reconocidos por Colciencias.

Deducción tributaria

La deducción tributaria prevista en el artículo 158-1 del Estatuto Tributario para ciertas actividades de Ciencia y Tecnología constituye un incentivo fiscal a estas actividades. Dicho incentivo consiste en que los empresarios o cualquier persona que haga donaciones o invierta en proyectos calificados por el Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en CTI como de investigación y desarrollo tecnológico, según los criterios y las condiciones definidas por dicho Consejo, puede deducir de su renta líquida el 175% de su inversión o donación, hasta una cantidad que no exceda el 40% de dicha renta antes de restar la deducción, disminuyendo así la base impositiva para el cálculo del impuesto a la renta.

Para acceder de manera más expedita a las deducciones tributarias, Colciencias puso en marcha un proceso de reconocimiento de unidades de I+D+i de empresas interesadas, formalmente constituidas y contribuyentes de renta. Para lograr el reconocimiento de su unidad de I+D+i, las empresas interesadas deben hacer una solicitud a Colciencias, quien verificará el cumplimiento de los requisitos exigidos para el reconocimiento y, en caso positivo, lo notificará mediante acto administrativo. La verificación de requisitos se hace a través de los servicios de las Organizaciones Evaluadoras de Unidades de I+D+i, que son entidades acreditadas por Colciencias para desempeñar esta función.

Rentas exentas

El Estatuto Tributario define como rentas exentas para fines de declaración de renta, las ventas generadas por los nuevos productos medicinales y de *software*, elaborados en Colombia y protegidos con derechos de propiedad intelectual, siempre y cuando tengan un alto contenido de investigación científica y tecnológica nacional, según concepto de Colciencias.

Hacia una política de innovación transformativa en Colombia

El punto de partida del tercer marco de política de CTI es el reconocimiento de que la innovación no conduce automáticamente al progreso social, ni siquiera con la ayuda de políticas sociales correctivas (Schot & Steinmueller, 2018). En esta dirección, el reto es enorme: ¿cómo pueden las políticas de CTI abordar el triple desafío de desarrollo económico, social y ambiental? La propuesta básica desde el tercer marco de política de CTI es impulsar el ‘cambio transformador’ a través de la innovación que incorpora este tipo de cambio, denominada ‘innovación transformativa’. Esta ‘transformación’ tiene su sustento conceptual y teórico en la literatura sobre las transiciones al desarrollo sostenible. En lo fundamental, la transformación de los sistemas sociotécnicos es necesaria en los sistemas de energía, movilidad, alimentación, agua, salud y comunicación, pilares de la sociedad moderna. En palabras de Schot y Steinmueller,

[una transición sociotécnica] implica la coproducción de cambios sociales, de comportamiento y tecnológicos de manera interrelacionada. La transformación (o transición) socio-técnica del sistema se refiere al cambio de habilidades, infraestructuras, estructuras de la industria, productos, regulaciones, preferencias de los usuarios y predilecciones culturales. Se trata de un cambio radical en todos los elementos de la configuración. Esto también dificulta las transiciones del sistema, porque sus elementos tienden a alinearse y reforzarse entre sí. Implica innovación social, ya que se centra en muchos elementos sociales y sus relaciones con las oportunidades tecnológicas. Puede incluir soluciones de alta tecnología, así como innovación en tecnologías antiguas [...]. La innovación del sistema siempre involucra a múltiples actores, incluida la sociedad civil y los usuarios, quienes pueden desempeñar un papel innovador crucial. (Schot & Steinmueller, 2018, p. 47, traducción del autor)

Las transformaciones de los sistemas sociotécnicos pueden conceptualizarse e implementarse con base en la denominada ‘perspectiva multinivel’ de cambio sociotécnico (Geels, 2004). Esta perspectiva identifica tres niveles constituidos por *los nichos* (redes locales de actores que se involucran en dinámicas de experimentación y cambio), *los regímenes sociotécnicos* (conjunto distintivo de reglas estables, usadas por los actores para guiar el diseño de los sistemas, la formulación de políticas y el consumo) y *el escenario sociotécnico* (entorno sociotécnico general que abarca tanto los aspectos intangibles de los valores sociales, las creencias políticas y las visiones del mundo, como las facetas tangibles del entorno construido, incluidas las instituciones y las funciones del mercado: precios, costos, patrones de comercio e ingresos).

Desde esta perspectiva, las transformaciones sociotécnicas ocurren cuando *los nichos* adquieren fuerza a través de experimentación, aprendizaje amplio y profundo, redes consolidadas y expectativas robustas y en direcciones específicas de cambio. Este cambio se puede elevar al nivel de *los regímenes sociotécnicos*, cuando estos regímenes están abiertos al cambio y se transforman como resultado de las tensiones y reconfiguraciones inducidas por los nichos. Finalmente, la transformación sociotécnica se consolida cuando *el escenario sociotécnico* favorece las presiones para incorporar el cambio.

Por ejemplo, respecto a los problemas sociales y ambientales asociados a la movilidad, la innovación impulsada en los dos primeros marcos de política de CTI podría conducir, eventualmente, a la sustitución del vehículo de combustible fósil por el vehículo eléctrico, mediante el desarrollo de soluciones a los cuellos de botella tecnológicos, como el rango de autonomía proporcionado por las baterías y los altos costos de producción. Sin embargo, esto respondería solo parcialmente a los desafíos de la sostenibilidad. Una solución más completa podría emerger de la consolidación de nichos de usuarios de formas alternativas de transporte (bicicleta, transporte compartido y público, modos emergentes de movilidad). Las dinámicas sociotécnicas producidas por estos nichos podrían generar cambios en los regímenes del sistema, incluyendo cambios en las normas y la infraestructura para la movilidad. La transformación sociotécnica se podría consolidar con el desarrollo de nuevos modelos de negocio de transporte, cambio en los valores (por ejemplo, prestigio e individualidad del automóvil privado), nuevos desarrollos tecnológicos y la implementación de políticas que proporcionen direccionalidad y coordinación a las nuevas formas de movilidad. En este sentido, el cambio transformativo del sistema de movilidad sería el resultado

de cambios interrelacionados de tipo comportamental, social, tecnológico, institucional y político.

La exploración de las políticas de CTI de tercer marco comenzó en Colombia con la vinculación de Colciencias al Consorcio de Política de Innovación Transformativa⁹ en 2016. El objetivo de este consorcio es examinar y ampliar los marcos y enfoques de innovación actuales para avanzar en la contribución de la CTI a la solución de problemas económicos, sociales y ambientales, con un enfoque prioritario en los desafíos centrales de nuestro tiempo: cambio climático, desigualdad, empleo y crecimiento futuro. Como resultado, se espera dar forma y entregar un nuevo marco de políticas de innovación transformativa junto con otras ‘combinaciones de políticas’ vinculadas de manera transdisciplinaria. Con base en políticas de tercer marco, el consorcio busca conectar los mundos de la investigación, los negocios, el gobierno, los medios de comunicación y la sociedad civil, de forma que todos los participantes se posicionen como coinvestigadores activos y diseñadores de política.

Como resultado de las movilizaciones llevadas a cabo en Colombia por el Consorcio, se realizó un estudio de caso sobre la innovación en el nicho de cafés especiales, nicho que podría llevar a cambios más amplios en las comunidades locales, la industria y el mercado de este producto representativo de la agroindustria colombiana. El estudio encontró que los pequeños caficultores están experimentando con cafés especiales para mejorar sus ingresos, transformar sus modelos de negocio y cumplir con los objetivos de sostenibilidad. La producción de cafés especiales de alta calidad y respetuosos con el medio ambiente, ha llevado a los agricultores a tener una nueva relación con sus cultivos, los procesos de beneficio del grano y la comercialización del producto, además de incluir a grupos previamente marginados, como las mujeres. Con una adecuada gestión del cambio transformativo, estas iniciativas de nicho podrían dar lugar a una nueva industria del café en Colombia, con importantes contribuciones a la economía de las regiones cafeteras, pero también más socialmente relevante y ambientalmente sostenible.

Además, con la participación de investigadores colombianos y asesores extranjeros, el Consorcio llevó a cabo en 2017 un proyecto de mentorías en siete regiones del país, para explorar casos contextualizados de potencial

⁹ *Transformative Innovation Policy Consortium*, ver <http://www.transformative-innovation-policy.net/>

transformador de la política pública. Estas mentorías posibilitaron la participación de diversos actores sociales, como movimientos sociales, empresas, organizaciones benéficas y cooperativas locales. De esta forma, la política está aprendiendo de iniciativas de abajo hacia arriba (*bottom-up*) para facilitar y apoyar el cambio regional transformador.

Como resultado de las actividades del consorcio, la Science Policy Research Unit de la Universidad de Sussex (la entidad académica líder del Consorcio) y Colciencias, publicaron en mayo de 2018 un documento con orientaciones para la formulación de políticas regionales de innovación transformativa en Colombia (University of Sussex - Colciencias, 2018). Este trabajo dio pie a la publicación del *Libro Verde 2030*, que presenta la Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible (Colombia. Colciencias, 2018), adoptada mediante la Resolución de Colciencias 0674 del 9 de julio de 2018, como una apuesta por incorporar el enfoque transformativo en la política de CTI en Colombia.

4. PROPIEDAD INTELECTUAL

Introducción

En la economía actual, que algunos han dado en llamar ‘economía del conocimiento’, la protección de la propiedad intelectual adquiere una relevancia indiscutible, en tanto actúa precisamente sobre aquellos activos en torno a los cuales orbitan cada vez más las competencias medulares de las organizaciones. En este sentido, la protección y valoración de los desarrollos tecnológicos y otros activos intangibles objeto de salvaguardia de los sistemas de propiedad intelectual, es una preocupación central de la Gestión Tecnológica. En el presente capítulo se hará una aproximación introductoria a un conjunto de tópicos que conforman los fundamentos de los sistemas de propiedad intelectual, buscando la comprensión básica de los problemas enfrentados, las soluciones propuestas y las discusiones abiertas.

Justificación de los sistemas de propiedad intelectual

Aunque los sistemas de propiedad intelectual tienen antecedentes en algunas de las grandes civilizaciones antiguas, las versiones modernas iniciaron en el siglo XV y se consolidaron a finales del siglo XVIII en los países europeos y Estados Unidos, con la introducción de leyes específicas sobre patentes de invención y *copyright* que constituyen la base de la legislación moderna en estos temas. Desde entonces, los sistemas de propiedad intelectual se han diversificado, fortalecido e internacionalizado hasta el nivel que constatamos en el presente, basados en múltiples consideraciones, algunas de las cuales se presentan en la figura 9.

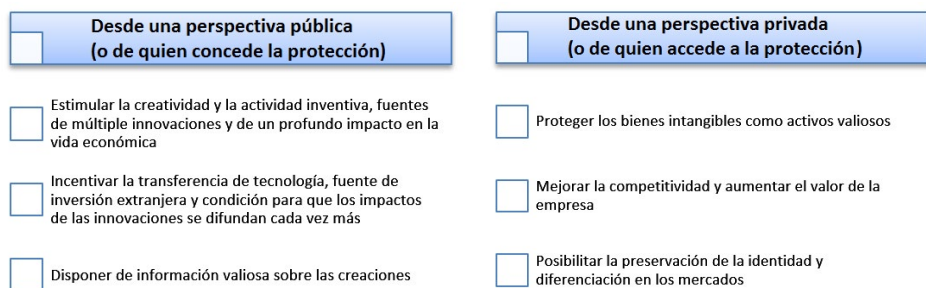


Figura 9. Justificación de los sistemas de propiedad intelectual

Desde la lógica de los sistemas de propiedad intelectual, se supone que la protección de los inventos y las creaciones intelectuales y artísticas generan no solo un estímulo a la inventiva y la creatividad, sino que también establecen un marco de información y confianza que incentiva el desarrollo, la transferencia y la explotación económica de la producción intelectual. En este sentido, los sistemas de propiedad intelectual actúan como un mecanismo que contribuye a contrarrestar las fallas del mercado que desincentivan la inversión privada en I+D+i. No obstante, estos sistemas también pueden tener implicaciones sociales y económicas negativas que **demandan** una consideración cuidadosa de su alcance, fuerza y limitaciones. En particular:

- La inversión privada en I+D+i se sesga hacia la búsqueda de resultados de alta rentabilidad en el mercado, dejando desatendidos temas socialmente importantes pero con limitada proyección financiera (por ejemplo, productos y procesos para satisfacer necesidades de comunidades pobres o grupos minoritarios).
- Los monopolios establecidos por la protección otorgada a los titulares encarecen los productos hasta limitar su accesibilidad a usuarios y clientes sin suficiente poder adquisitivo (por ejemplo, productos farmacéuticos o nuevas variedades vegetales, inaccesibles a pacientes y productores campesinos de bajos ingresos).
- Surgen entidades dedicadas a adquirir derechos patrimoniales sin el ánimo de usar y comercializar las obras o creaciones, sino de demandar a presuntos infractores de los derechos, forzando la negociación de licencias o el pago de compensaciones.

Naturaleza de la propiedad intelectual

Los sistemas de propiedad intelectual pueden ser entendidos, en lo fundamental, como un contrato entre la sociedad (representada por las organizaciones gubernamentales definidas para tal efecto) y los particulares (personas naturales o jurídicas) en calidad de titulares, inventores o autores. Tal contrato adquiere fuerza legal a través de las normativas nacionales e internacionales.

En función de dicho contrato, la norma otorga y garantiza a los titulares, inventores o autores dos tipos de derechos:

- **Derechos morales:** conjunto de prerrogativas de carácter inalienable, irrenunciable, inexpropiable, inembargable e imprescriptible, que se otorgan al creador y que incluyen, entre otros derechos, el reconocimiento de la paternidad de la creación intelectual y la potestad de preservar la integridad de la misma.
- **Derechos patrimoniales:** concesión monopólica limitada y temporal para la explotación económica de las creaciones intelectuales, que se otorga al titular.

A cambio de estos derechos, la norma exige al titular ciertas contraprestaciones, que incluyen revelar y publicar el invento (en caso de las patentes) y aceptar que los derechos patrimoniales se extingan por ciertas causas, como el cumplimiento del plazo de vigencia de los mismos (cuando esto está previsto), haciendo que el patrimonio intelectual pase a ser de dominio público.

Una particularidad importante de los derechos otorgados por los sistemas de propiedad intelectual es que es posible que el titular de los derechos patrimoniales sea distinto al poseedor de los derechos morales. En efecto, los derechos morales de autor son inalienables (no se pueden vender, donar o ceder), irrenunciables (a menos que se haga uso del derecho en sentido negativo, mediante el anonimato o el empleo de un seudónimo), inexpropiables (no se pueden extinguir legalmente), inembargables (no se pueden embargar) e imprescriptibles (son perpetuos, no pierden vigencia). Sin embargo, los derechos patrimoniales pueden ser transferidos a otra persona natural o jurídica, por voluntad del titular o disposición legal, y tienen un término temporal. Por ejemplo, el autor de una obra literaria puede ceder en todo o en parte sus derechos patrimoniales a una empresa editorial que comercialice la obra; sin embargo, él siempre será reconocido como autor de

dicha obra. También puede ocurrir que, como resultado del contrato de trabajo firmado entre un individuo y una empresa, los derechos patrimoniales asociados a una invención producida por el individuo o su equipo durante la vigencia del contrato laboral, pasen a ser propiedad total o parcial de la empresa contratante.

Clasificación

Tradicionalmente se han reconocido dos grandes vertientes de los sistemas de propiedad intelectual: la propiedad industrial y los derechos de autor (*copyright* en el derecho anglosajón). A su vez, las modalidades de protección de la propiedad industrial se dividen en nuevas creaciones, signos distintivos y secretos empresariales.

Recientemente se han agregado a esta clasificación los derechos de obtentor de variedades vegetales, e incluso hay quienes proponen una cuarta categoría, la protección del *software* y productos relacionados, como una protección específica (*sui generis*) derivada del derecho de autor.

Adicionalmente, hay nuevos campos de derechos en materia de propiedad intelectual que tienden a diferenciarse de los dominios tradicionales, como son la protección del conocimiento tradicional y el acceso a los recursos genéticos. Estos campos “han tenido un desarrollo normativo, jurisprudencial y doctrinario importante, que ha llevado a considerarlos verdaderos derechos *sui generis*, con regulaciones propias y específicas, como la Decisión Andina 391 de 1996 (que establece el Régimen Común Andino sobre Acceso a los Recursos Genéticos), el Convenio sobre la Diversidad Biológica de 1992 y la Declaración Internacional sobre los Datos Genéticos Humanos de 2003, entre otras” (M.A. Echavarría, comunicación personal, 18 de agosto de 2016).

La figura 10 resume esta clasificación; el presente capítulo desarrollará las categorías de propiedad industrial, derechos de autor y derechos de obtentor de variedades vegetales.

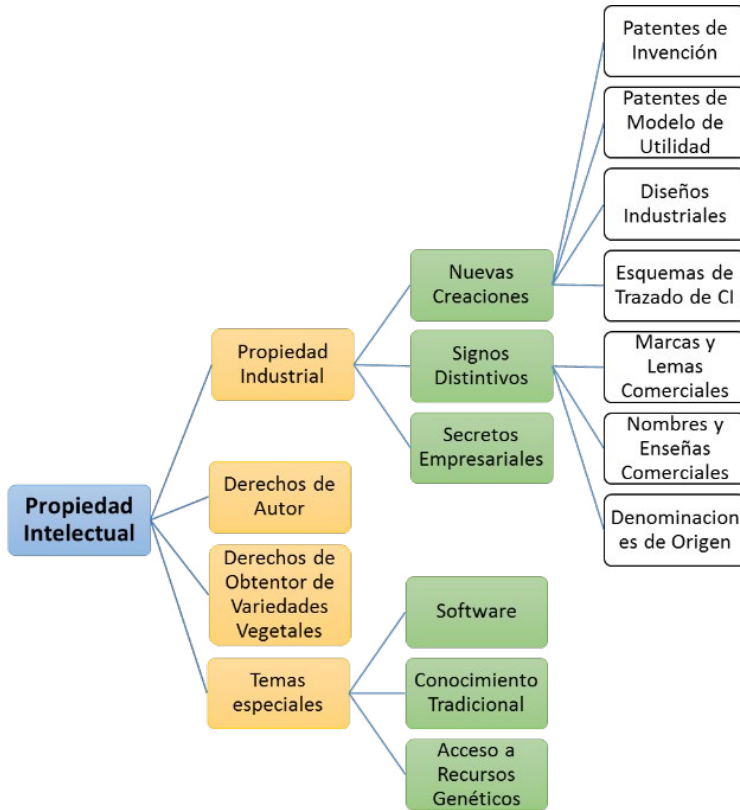


Figura 10. Clasificación de la propiedad intelectual

Marco institucional y normativo

En Colombia son tres las instituciones responsables por las principales formas de protección a la propiedad intelectual:

La Superintendencia de Industria y Comercio (SIC): entidad adscrita al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, es responsable del registro y concesión de los derechos de propiedad industrial, además de funciones jurisdiccionales relacionadas con la solución de conflictos de intereses que surjan entre particulares y entre estos y el Estado en materia de propiedad intelectual.

La Dirección Nacional de Derecho de Autor (DNDA): oficina adscrita al Ministerio del Interior, es responsable del registro y concesión de los Derechos de Autor y Conexos, incluyendo la protección del *software*; esta oficina

desempeña también funciones jurisdiccionales relacionadas con su área de competencias.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA): entidad adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, es responsable del registro y concesión de los derechos de obtentor aplicables a las nuevas variedades vegetales.

En cuanto a la normativa aplicable en el país en materia de propiedad intelectual, pueden señalarse las siguientes normas nacionales e internacionales entre las más relevantes:

Responsabilidad del Estado frente a la propiedad intelectual

Según la Constitución Política de Colombia de 1991, Artículo 61, “[el] Estado protegerá la propiedad intelectual por el tiempo y mediante las formalidades que establezca la Ley”.

Propiedad industrial

Aplican la Decisión 486 de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), que establece el Régimen Común sobre Propiedad Industrial para los países de la CAN, y el decreto 2591 de 2000, por el cual se reglamenta parcialmente dicha decisión en Colombia, además de otro conjunto de leyes y decretos que regulan la materia en el país.

A nivel internacional, Colombia es miembro del Patent Cooperation Treaty (PCT), por el cual los interesados en patentar una invención en varios países simultáneamente pueden simplificar y hacer más efectivos y económicos los trámites respectivos. Además, Colombia es signatario de varios convenios y tratados internacionales que regulan la propiedad industrial y sus trámites, entre los cuales se pueden mencionar:

- **El Convenio de París para la protección de la propiedad industrial**, que regula aspectos relacionados con la protección de las invenciones y productos entre los países signatarios, como, por ejemplo, el mecanismo de prioridad, por medio del cual es posible reclamar como fecha de presentación la fecha de la misma solicitud hecha **hasta seis meses** antes en un país diferente de la Unión de París.
- **El Protocolo de Madrid**, que ofrece a los propietarios de una marca la posibilidad de protegerla en varios países que sean miembros de la Unión de Madrid, mediante la presentación de una solicitud única ante la **SIC**.

Derechos de autor y software

Aplica la Decisión 351 de la CAN, que establece el Régimen Común sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos. Adicionalmente, aplica un conjunto de leyes, decretos-ley y decretos en la materia, entre los que es relevante mencionar el decreto 162 de 1996, por el cual se reglamenta la Decisión 351 de la CAN y se dictan otras disposiciones pertinentes.

Además, Colombia ha aprobado y adherido a varias normas supranacionales, entre las cuales están la Convención Universal sobre Derechos de Autor, que asegura la universalidad de la protección de los derechos sobre obras literarias, científicas y artísticas en todos los países firmantes; el Convenio de Berna para la Protección de Obras Literarias y Artísticas; y la Convención Internacional de Roma sobre la Protección de los Artistas, Intérpretes o Ejecutantes, los Productores de fonogramas y los Organismos de radiodifusión.

Obtenciones vegetales

En esta materia aplican la Decisión 345 de la CAN, que establece el Régimen Común de Protección a los Derechos de los Obtentores de Variedades Vegetales, y el decreto 533 de 1994, que reglamenta dicha decisión. Además, en 1995 Colombia adhirió a la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV).

Normas aplicables a varias modalidades de protección de la propiedad intelectual

Algunos tratados o convenios internacionales cubren varias modalidades de protección de la propiedad intelectual. En particular, es relevante mencionar el Acuerdo de la Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre los ADPIC (Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio, o TRIPS en inglés) al que ha adherido Colombia. Este acuerdo establece disposiciones generales o principios básicos que definen la filosofía u orientación de los sistemas de propiedad intelectual, en asuntos relacionados con el alcance de la protección que brindan dichos sistemas, el trato nacional, el trato a la nación más favorecida y el trato a los países miembros que estén clasificados como menos adelantados, entre otros.

Propiedad industrial

Patentes de invención

Las patentes de invención se pueden otorgar a productos o procedimientos que cumplan tres requisitos:

Novedad: es decir, cuando la invención no está comprendida en el estado de la técnica a la fecha de presentación de la solicitud de la patente (o a la fecha de la prioridad reconocida cuando exista una reivindicación de este tipo). Por ‘estado de la técnica’ se entiende “todo lo que haya sido accesible al público por una descripción escrita u oral, utilización, comercialización o cualquier otro medio” (Decisión 486 de la CAN, Art. 16).

Nivel inventivo: hace referencia a que la invención no sea el resultado obvio ni se derive de manera evidente del estado de la técnica según el criterio de un experto en el tema de la invención.

Susceptibilidad de aplicación industrial: es decir, cuando el objeto de la solicitud de patente pueda ser producido o utilizado en la industria de bienes o servicios.

Según la Decisión 486 (Art. 15), no se consideran invenciones, y por tanto no se pueden patentar:

- a) los descubrimientos, las teorías científicas y los métodos matemáticos;
- b) el todo o parte de seres vivos tal como se encuentran en la naturaleza, los procesos biológicos naturales, el material biológico existente en la naturaleza o aquel que pueda ser aislado, inclusive genoma o germoplasma de cualquier ser vivo natural;
- c) las obras literarias o artísticas o cualquier otra protegida por el derecho de autor;
- d) los planes, reglas y métodos para el ejercicio de actividades intelectuales, juegos o actividades económico-comerciales;
- e) los programas de ordenador o soporte lógico (*software*), exceptuando el *firmware*; y,
- f) las formas de presentar información.

Por otra parte, la normativa vigente en el país también impide el patentamiento de invenciones en los siguientes casos (Decisión 486, Art. 20):

- Cuando las invenciones sean contrarias al orden público o la moral.
- Cuando pongan en riesgo la salud o la vida de personas o animales, o atenten contra los vegetales o el medio ambiente.
- Cuando la invención se refiera a una planta o a un animal, o a procedimientos esencialmente biológicos para producirlos. Se exceptúan los procedimientos no biológicos y microbiológicos, los cuales pueden ser patentables, al igual que los microorganismos o genes modificados mediante ingeniería genética.
- Cuando la invención sea un método terapéutico, quirúrgico o de diagnóstico aplicable a seres humanos o animales.

En caso de ser aprobada, la patente tendrá una vigencia de veinte años contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud. Durante este tiempo, el titular podrá disfrutar de los derechos patrimoniales que le otorga la patente, bajo las siguientes limitaciones adicionales:

- Los derechos patrimoniales solo son válidos en el país o en aquellos países donde también se obtuvo la patente (**principio de territorialidad**). Es decir, una patente solo protege la invención en el territorio nacional del país que la otorga. La protección también incluye la prohibición de que alguien importe o comercialice el producto o proceso objeto de la patente en el país, sin contar con la licencia o permiso del titular de la misma.
- La patente solo garantiza derechos sobre las **reivindicaciones** aprobadas; estas consisten en los elementos constitutivos de los productos o procesos que cumplen a cabalidad con los requisitos de patentabilidad, que han debido ser clara y concisamente descritos y sustentados en la solicitud.

En cuanto a la explotación de la patente por terceros, solo podrá ocurrir en casos en que los derechos patrimoniales de la patente hayan sido cedidos o licenciados, y la respectiva transferencia o licencia haya sido registrada ante las autoridades competentes.

Modelos de utilidad

Las patentes de modelo de utilidad aplican a invenciones que, cumpliendo con otros requisitos establecidos por la normativa, no tengan el suficiente nivel inventivo para acceder a patentes de invención.

En general, las mismas condiciones y derechos de las patentes de invención aplican a las patentes de modelo de utilidad. Una excepción notable es la vigencia de la patente, que en el caso de los modelos de utilidad disminuye a diez años a partir de la fecha de presentación de la solicitud.

Diseños industriales

Un diseño industrial se refiere a “toda forma externa o apariencia estética de elementos funcionales o decorativos que sirven de patrón para su producción en la industria, manufactura o artesanía; con características especiales de forma que le dan valor agregado al producto y generan diferenciación y variedad en el mercado” (Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio, 2008a, p. 11).

Solo son registrables los diseños que cumplan con el requisito de novedad absoluta a la fecha de presentación de la solicitud. La novedad debe hacer referencia a rasgos sustantivos del diseño y en ningún caso a diferencias secundarias respecto a realizaciones existentes a la fecha de solicitud. Es importante aclarar que la autoridad competente (en este caso la Superintendencia de Industria y Comercio) no realiza de oficio ningún examen de novedad del diseño industrial, salvo cuando se presenten oposiciones a la solicitud. De todas formas, la superintendencia puede negar la solicitud cuando de manera manifiesta el diseño carezca de novedad.

El registro de un diseño industrial otorga a su titular el derecho de excluir a terceros de la explotación del diseño y de la comercialización de productos cuyo diseño sea idéntico o presente solo diferencias secundarias frente al diseño registrado, por un término de diez años a partir de la fecha de presentación de la solicitud.

Esquema de trazado de circuitos integrados

Un circuito integrado es un producto conformado por elementos electrónicos interconectados (al menos uno de los cuales debe ser activo) que forman parte de una pieza o dispositivo que realiza una función electrónica. El esquema de trazado se refiere a la disposición tridimensional de los elementos y conexiones del circuito integrado y se utiliza para el diseño y fabricación del mismo (Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio, 2008a).

El registro de esquemas de trazado de circuitos integrados otorga al titular derechos similares al registro de un diseño industrial, con la misma duración de diez años.

Marcas y lemas comerciales

Las marcas son signos que sirven para identificar bienes y servicios en el mercado, cuya característica esencial es que sean perceptibles por los sentidos; por tanto, pueden consistir en palabras, letras, números, dibujos, imágenes, formas, colores, logotipos, figuras, símbolos, gráficos, monogramas, retratos, etiquetas, emblemas, escudos, sonidos, o una combinación de estos elementos (Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio, 2008b). Los lemas son signos distintivos asociados siempre a una marca, consistente en una palabra o frase que complementa o fortalece la función identificadora o distintiva de la marca a la que está asociada.

Su registro da derecho al uso exclusivo de las respectivas marcas y lemas y al derecho a actuar contra terceros que las utilicen sin el consentimiento del titular; la protección se otorga por un término de diez años, **al cabo de los cuales el registro puede renovarse por periodos adicionales sucesivos de diez años.**

Sobre la protección de las marcas y lemas comerciales aplican los principios de territorialidad (validez en el país o países que otorgan la protección) y especialidad (validez para la clase o clases de bienes o servicios que distinguen). Las clases de bienes y servicios para la aplicación del principio de especialidad, son las definidas por la Clasificación Internacional de Niza. Si un signo distingue a un producto que puede clasificarse en varias clases, deberá protegerse mediante un registro por cada clase que aplique al producto.

La clasificación de las marcas se presenta en la figura 11; al respecto, se observan las siguientes particularidades (Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio, 2008b):

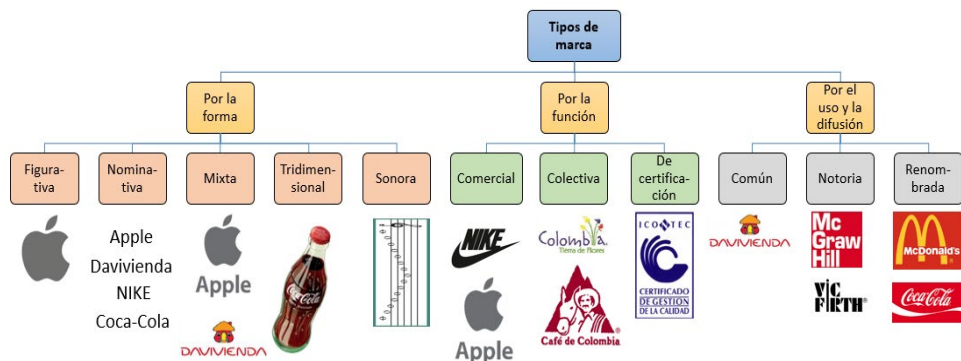


Figura 11. Clasificación de las marcas

- **Las marcas colectivas** identifican bienes y servicios que poseen características comunes (por ejemplo, el origen geográfico, el material y el modo de fabricación, entre otras), que son producidos por empresas diferentes. Las marcas colectivas son otorgadas a corporaciones, asociaciones y colectividades en general, quienes son responsables de que los productos distinguidos con la marca cumplan las normas establecidas en el reglamento que rige su uso, garantizando así las cualidades y características que representan.
- **Las marcas de certificación** identifican la calidad u otras características de un bien o servicio que son de interés comercial. El titular de la marca es quien otorga su uso, certificando el cumplimiento de las características que representa la marca; por tanto, debe tener la capacidad para certificar, debiendo ser una empresa o institución de derecho privado o público o un organismo estatal, regional o internacional.
- **Las marcas notorias** son aquellas que son conocidas por una parte importante del público consumidor del sector de mercado pertinente en los países en que el producto se comercializa. La notoriedad de la marca le da campo a una protección especial, dejando en cierta medida sin aplicación los principios de territorialidad y especialidad y recibiendo exámenes de confundibilidad más severos para evitar que se diluya su fuerza distintiva. La notoriedad de una marca se prueba mediante encuestas de mercado, publicidad, certificaciones de auditoría o de revisor fiscal que evidencian los volúmenes de venta de los productos, la inversión en publicidad, los registros de marcas en otros países, etc.

- En cuanto a **las marcas renombradas**, su renombre implica un conocimiento más amplio que el de la marca notoria, que va más allá del sector pertinente, por lo cual su protección es aún mayor en cuanto al rompimiento del principio de especialidad.

Finalmente, es importante señalar que el registro de una marca puede ser cancelado debido a múltiples motivos establecidos en la normativa, siendo relevante mencionar los motivos de no uso, de notoriedad y de vulgarización. Para que se dé el motivo de no uso, el producto distinguido por la marca debe haber cesado su comercialización o, persistiendo esta, debe haber cesado la utilización de la marca como signo distintivo por parte del titular de la misma o de personas autorizadas por el titular. La cancelación por notoriedad aplica a una solicitud o a un registro ya concedido, para evitar la dilución de la marca notoria por identidad o semejanza con otras marcas. La cancelación por vulgarización puede darse cuando su titular provoque o tolere que la marca se convierta en un término común o genérico para designar el producto asociado a la marca (por ejemplo, el nailon o nylon, originalmente una marca registrada, que luego fue vulgarizada para designar el tipo particular de fibra sintética comercializada bajo tal marca).

Nombre y enseña comercial

Según la SIC (2013), “[el] nombre comercial es el signo que identifica al empresario como tal en el desarrollo de una actividad mercantil” (párr. 1); por su parte, “[la] enseña comercial es un signo que siendo perceptible por el sentido de la vista sirve para identificar a un establecimiento de comercio” (párr. 3). En la práctica comercial, las enseñas se utilizan para elaborar los rótulos o avisos que señalan la ubicación física de la empresa (con frecuencia luminosos, para que el establecimiento sea identificado en horas nocturnas), mientras que el nombre es utilizado en material comercial (cartas y formas impresas, empaques, material promocional, etc.).

No obstante, no es obligatorio que la enseña comercial sea diferente al nombre comercial, por lo cual el depósito de ambos puede contener el mismo signo. En algunos casos, incluso el nombre comercial puede coincidir con una marca de la empresa. Por otra parte, no hay que confundir el nombre comercial con la razón social de la empresa, con la cual fue creada jurídicamente. Por ejemplo, la empresa ‘Industria de Alimentos Zenú S.A.S.’ (razón social) utiliza ‘Zenú’ como nombre comercial y como marca de algu-

nos de sus productos, pues otros productos los comercializa bajo las marcas ‘Ranchera’ y ‘Pietrán’. Además, esta empresa utiliza su nombre comercial como enseña para identificar sus establecimientos.

Puede solicitarse el depósito ante la SIC de nombres y enseñas comerciales que no estén en uso a la fecha de presentación de la solicitud y cuando las denominaciones utilizadas no sean contrarias a las buenas costumbres o al orden público. Tampoco se admite el depósito de nombres o enseñas comerciales que puedan inducir a engaño sobre la naturaleza de la actividad que se desarrolla bajo tal denominación. Es importante aclarar que el derecho sobre el nombre o enseña comercial no se adquiere con el depósito sino mediante su primer uso; sin embargo, el depósito puede aportarse como prueba en caso de conflicto o demanda.

Secreto empresarial

La Decisión 486 (art. 260)¹⁰ define el secreto empresarial así:

Se considerará como secreto empresarial cualquier información no divulgada que una persona natural o jurídica legítimamente posea, que pueda usarse en alguna actividad productiva, industrial o comercial, y que sea susceptible de transmitirse a un tercero, en la medida que dicha información sea:

- a) Secreta, en el sentido que como conjunto o en la configuración y reunión precisa de sus componentes, no sea generalmente conocida ni fácilmente accesible por quienes se encuentran en los círculos que normalmente manejan la información respectiva;
- b) tenga un valor comercial por ser secreta; y
- c) haya sido objeto de medidas razonables tomadas por su legítimo poseedor para mantenerla secreta.

Según la Superintendencia de Industria y Comercio (2008a, p. 45), el secreto empresarial puede aplicar a:

- La tecnología empleada en una empresa
- El modo de utilizar la tecnología o las etapas que lleva a cabo para obtener un resultado específico

¹⁰ Ver Comisión de la Comunidad Andina de Naciones (2002).

- Tipo de información comercial tal como listas de clientes
- Formas de distribución del producto
- Estrategias de descuentos
- Listas de consumidores
- Listas de proveedores
- Toda aquella información que utiliza una empresa para lograr sus objetivos dentro del mercado

Cuando el secreto empresarial se aplica a conocimientos técnicos, se denomina *know-how*, definido por el Reglamento sobre Transferencia Tecnológica 772/2004 de la Comisión Europea (EUR-Lex, 2011) como

... un conjunto de información práctica no patentada derivada de pruebas y experiencias, que es secreta (es decir, no de dominio público o fácilmente accesible), sustancial (es decir, importante y útil para la producción de los productos contractuales) y determinada (es decir, descrita de manera suficientemente exhaustiva para permitir verificar si se ajusta a los criterios de secreto y sustancialidad) (párr. 18)

El *know-how* surge como una alternativa a otras formas de protección de la propiedad industrial, en casos en los que se configure una o varias de las siguientes situaciones:

- La invención y su explotación son de muy corta vigencia en sus efectos industriales y económicos y rápidamente se vuelven obsoletas. En tal situación no es conveniente optar por una protección mediante patente o modelo de utilidad, en consideración al tiempo que normalmente tarda su aprobación (hasta cuatro años).
- Contrario al punto anterior, la invención y su explotación pueden permanecer vigentes durante un tiempo mucho mayor a la protección que brindan las patentes.
- La información revelada por la patente puede ser susceptible de ser copiada y mejorada con relativa facilidad por la competencia.
- Hay intereses de tipo estratégico en la información de la patente que pone en peligro la competitividad de la empresa u organización.
- La invención es relativamente fácil de proteger por la organización.

- La organización no está dispuesta a incurrir en los costos del patentamiento, de las tasas periódicas de sostenimiento o de los litigios que podrían requerirse para hacer valer sus derechos (aunque estos últimos pueden eventualmente aparecer también para defender un secreto empresarial).

Una vez tomada la decisión favorable al secreto empresarial, la organización debe diseñar y poner en marcha medidas y procedimientos estrictos para salvaguardar dicho secreto, entre los que figuran las cláusulas de confidencial en los contratos de tipo laboral o comercial establecidos con empleados, trabajadores, proveedores y todo tipo de personas y contratistas que tengan acceso a la información confidencial. Una de tales medidas suele ser la notificación o el reporte del secreto empresarial ante las autoridades competentes en casos en que el secreto se dé a conocer a otra persona, por ejemplo en los contratos de franquicia, con el fin de facilitar la protección del secreto o su defensa en caso de litigio.

En la tabla 5 se presentan las principales diferencias entre la patente y el *know-how* como modalidades alternativas y mutuamente excluyentes de protección de la propiedad industrial.

Tabla 5. Diferencias entre patente y *know-how*

Patente	Know-how
Tiempo de protección: veinte años.	Tiempo de protección: Indefinido.
Requisitos: Que el objeto de patente sea nuevo, que tenga nivel inventivo y que sea susceptible de aplicación industrial.	Requisitos: Que el objeto de <i>know-how</i> sea secreto y esté protegido como tal, que sea sustancial (valioso por ser importante y útil) y que esté determinado (descrito exhaustivamente).
Precauciones fácticas: Las patentes otorgan un conjunto de derechos, definidos legalmente, de una duración determinada. La existencia de tales derechos NO está supeditada a las precauciones fácticas que tome el titular de la patente.	Precauciones fácticas: El <i>know-how</i> tiene una protección que depende de las precauciones que tome el titular a su respecto pero, aun si dichas precauciones son efectivas, no puede impedir que terceros desarrollen el mismo secreto en forma independiente y que luego lo exploten o divulguen.
Ámbito territorial de protección: Aplica el principio de territorialidad. La protección de la patente es válida solo en los países que la otorgan.	Ámbito territorial de protección: No aplica el principio de territorialidad. Ningún nacional o extranjero puede apropiarse ilícitamente del <i>know-how</i> .

Patente	<i>Know-how</i>
Derechos otorgados: Las patentes otorgan un derecho exclusivo respecto de la invención patentada. Para quien explota el invento sin la autorización de su titular, no es posible argumentar que lo ha obtenido por medios independientes.	Derechos otorgados: Otorga al titular del <i>know-how</i> el derecho a que el mismo no sea objeto de apropiación por terceros no autorizados que actúen por medios ILÍCITOS.
Obligaciones de los empleados: Como cualquier tercero, están inhibidos de explotar la invención sin autorización del titular, durante la vigencia de la patente y subsista o no la relación laboral.	Obligaciones de los empleados: Deben abstenerse de comunicar el <i>know-how</i> a terceros y de utilizarlo en el ámbito de otras empresas o para actividades hechas en interés propio, incluso después de terminada la relación laboral.
Cargas: - Explotación/uso de la invención patentada. - Pago de tasas periódicas.	Cargas: La decisión de no explotar el <i>know-how</i> carece de efectos jurídicos propios. Tampoco se pagan tasas. Solo se requiere tomar precauciones para impedir que terceros tengan acceso al mismo y a informar a quienes entren en contacto con él que su carácter es confidencial.

Fuente: Sociedad Nacional de Industrias (2006) y EUR-Lex (2011).

Denominación de origen

Debido a circunstancias locativas de tipo natural o productivo, el lugar geográfico de procedencia de ciertos productos (principalmente agrícolas) puede influir de manera significativa en su calidad u otras características de valor para el mercado. En tales condiciones, las personas o autoridades de la localidad, la región o el país pueden solicitar una declaración de denominación de origen ante la SIC, proveyendo la información requerida para establecer la denominación, el área geográfica respectiva y sus límites, así como los productos a los que aplicaría la denominación y su interés jurídico. Como ejemplos se pueden mencionar Café de Colombia y Sombrero Aguadeño. El titular de una denominación de origen es el Estado, pero cualquier ciudadano puede acceder a una autorización de uso de la denominación, mediando el trámite pertinente y el cumplimiento de los requisitos establecidos para el efecto. El uso no autorizado de una denominación de origen asociada a un producto comercial se considera como una práctica desleal.

Trámite de solicitudes de protección

Excepto los secretos empresariales, para los que solo aplica el reporte o notificación a la SIC cuando se autoriza su uso, y cuando la inscripción ante la SIC es meramente declarativa y optativa (como en el caso del nombre y la enseña comercial), el acceso a las distintas modalidades de protección de la propiedad industrial implica tramitar una solicitud ante la SIC. La figura 12 representa de manera genérica las principales etapas del trámite.

Al respecto, es conveniente aclarar lo siguiente:

- La solicitud de registro se presenta con el petitorio, el comprobante del pago de la tasa respectiva, los certificados de existencia y representación legal, los poderes aplicables (por ejemplo, a un abogado), la cesión de los derechos patrimoniales (en caso de que el solicitante sea distinto al inventor, diseñador o quien ostente los derechos morales de autoría) y la invocación de prioridad (en caso de que la misma solicitud haya sido presentada dentro de los seis meses anteriores en algún país de la Unión de París). Si la solicitud está completa, se otorga al solicitante un número de registro con una fecha que establece el inicio de la protección en caso de otorgarse (excepto para las marcas, cuya protección se cuenta desde la fecha de concesión del registro).



Figura 12. Etapas básicas del trámite de solicitudes de protección de propiedad industrial

- Durante el examen de forma, la **SIC** puede hacer requerimientos que deben ser respondidos satisfactoriamente por el solicitante; en caso de no hacerlo, la solicitud se considerará abandonada.
- Si el examen de forma es exitoso, la **SIC** procede a su publicación, momento en el cual deja de ser confidencial y adquiere el carácter de un expediente público.
- Una vez publicada, la solicitud puede recibir oposiciones de parte de terceros, las cuales son estudiadas por la **SIC**; en caso de que sean aceptables, serán notificadas al solicitante, quien deberá responderlas satisfactoriamente.
- Si la solicitud no recibe oposiciones o estas son respondidas satisfactoriamente, la **SIC** procede al examen de fondo, excepto para las solicitudes de patente, en cuyo caso el interesado deberá solicitar un examen de patentabilidad, previo pago de la tasa respectiva (que es adicional a la tasa de presentación de la solicitud). Si el interesado no solicita este examen, la solicitud se considerará abandonada.
- Durante el examen de fondo, la **SIC** puede generar nuevos requerimientos antes de tomar una decisión positiva o negativa respecto a la concesión de la protección. Contra las decisiones negativas, proceden recursos de reposición y apelación.

Derechos de autor y derechos conexos

Bajo el título de ‘derechos de autor’ se agrupan aquellos que se otorgan a los autores y titulares de obras literarias, científicas y artísticas. Los ‘derechos conexos’ protegen los derechos de los artistas intérpretes y ejecutantes, los productores de grabaciones sonoras y los organismos de radiodifusión, sobre sus interpretaciones y ejecuciones, fonogramas y emisiones de radiodifusión, respectivamente (OMPI, 2016). Como en el caso de las patentes y otras formas de protección de la propiedad intelectual, dichos derechos son tanto patrimoniales como morales. Sin embargo, a diferencia de la protección que brindan las patentes, los derechos de autor y derechos conexos no protegen las ideas propiamente dichas, sino exclusivamente la forma de expresión de las mismas.

Por otro lado, el acceso a los derechos que brinda la legislación colombiana (y de la mayoría de países) en esta materia es puramente declarativa,

es decir, las obras creadas gozan de protección en cuanto empieza a existir, sin que el autor o creador necesiten hacer gestiones o trámites ante la DNDA. No obstante, el registro en esta oficina brinda a los titulares un medio de prueba, publicidad, autenticidad y seguridad de sus derechos y de los actos y contratos que transfieran o cambien el dominio amparado por la ley. Para el efecto, en Colombia, la Dirección Nacional de Derecho de Autor pone al servicio del público el Registro Nacional de Derecho de Autor (RNDA), en el cual se puede inscribir una amplia gama de obras y producciones, como las que se ilustran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Ejemplos de obras que pueden ser objeto de inscripción en el RNDA

1. Libros, folletos y otros escritos.
2. Conferencias, alocuciones, sermones y similares.
3. Composiciones musicales, con o sin letra.
4. Obras dramáticas y dramático-musicales.
5. Obras coreográficas y pantomimas.
6. Obras cinematográficas, audiovisuales, videogramas y similares.
7. Obras de bellas artes (que incluyen dibujos, pinturas, esculturas, grabados y litografías).
8. Obras de arquitectura (dibujos, modelos, maquetas, croquis).
9. Obras fotográficas y similares.
10. Obras artísticas aplicadas a objetos de uso práctico de producción artesanal o industrial.
11. Ilustraciones, mapas, croquis, planos, bosquejos y obras plásticas relativas a la geografía, la topografía, la arquitectura o las ciencias.
12. *Software* (soporte lógico o programas de computador) y las bases de datos.
13. Fonogramas (discos, discos compactos, casetes).
14. Antologías o compilaciones de obras diversas.

Fuente: Decisión 351 (Régimen Común de la CAN sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos).

Los derechos morales otorgados por esta modalidad de protección comprenden (Vega, 2010):

- el derecho del autor a ser reconocido como tal cuando la obra se publique, reproduzca, traduzca, represente o comunique de alguna forma, e incluye el derecho de permanecer anónimo o utilizar un seudónimo (derecho de paternidad o de atribución);

- el derecho a oponerse a cualquier modificación de la misma que cause perjuicio a su honor o reputación (derecho de integridad);
- el derecho a conservarla inédita cuando así lo considere (derecho de ineditud);
- el derecho a modificarla antes o después de su publicación (derecho de modificación); y
- el derecho a retirarla de circulación (derecho de retracto o retiro).

Los derechos de modificación y de retracto o retiro pueden conllevar una indemnización a terceros por los perjuicios que se les pudiere ocasionar. En Colombia, los derechos morales de autor son inalienables, irrenunciables, inexpropiables, inembargables e imprescriptibles, aunque hay países en los que algunos de estos derechos tienen una vigencia **temporal limitada**. A la muerte del autor y en ausencia de herederos que los defiendan, corresponde al Instituto Colombiano de Cultura velar por la protección de tales derechos.

En cuanto a los derechos patrimoniales, la ley concede al titular la posibilidad de decidir cómo utilizar la obra, así como autorizar o prohibir su utilización, en los siguientes casos (OMPI, 2016):

- la reproducción de la obra;
- la distribución de ejemplares de la obra;
- la interpretación o ejecución pública de la obra;
- la radiodifusión o comunicación pública de la obra por cualquier medio;
- su traducción a otros idiomas; y
- su adaptación (como la adaptación de una novela a un guion cinematográfico).

Para estos derechos, la ley colombiana establece una vigencia que se extiende hasta 80 años después de la muerte del autor (cuando este es el titular) o hasta 50 años a partir de la realización, divulgación o publicación de la obra, según el caso, cuando la titularidad recaiga en una persona jurídica.

En relación con las transgresiones contra el Derecho de Autor, la ley colombiana establece sanciones penales y civiles contra los infractores, señalándose las siguientes transgresiones como las más relevantes:

La piratería: consiste en reproducir y comercializar obras protegidas sin el consentimiento del autor y del titular de los derechos patrimoniales.

El plagio: consiste en la apropiación de una obra o parte de ella sin la autorización del autor o su representante legal. Una excepción a esta transgresión está dada por el ‘derecho de cita’, que permite la utilización de obras o parte de ellas para la producción de otras obras, siempre y cuando se cite la fuente y se referencie el autor y su obra, respetando los usos honrados y los protocolos de citación y referenciación aceptados por las comunidades involucradas, y en la medida justificada por el fin que se persiga.

La copia: consiste en la reproducción de uno o más ejemplares de una obra o de parte de ella sin el consentimiento del autor o su representante legal. Ciertas copias son automáticamente permitidas para usos restringidos, como la elaboración de una copia de respaldo cuando se adquieren programas o juegos de computador.

La Decisión 351 del Acuerdo de Cartagena contempla varias limitaciones y excepciones al derecho de autor que evitan las anteriores transgresiones, entre las que figuran, además del derecho de cita antes mencionado, el derecho de copia de:

- Obras (artículos o extractos de libros) con fines educativos sin ánimo de lucro, o para uso exclusivamente personal en casos como investigación o esparcimiento;
- obras adquiridas por las bibliotecas para su preservación o sustitución;
- obras para actuaciones judiciales o administrativas.

Por otro lado, existen mecanismos con validez legal para que los autores otorguen derechos de uso y reproducción de sus obras, cambiando el ‘todos los derechos reservados’ del sistema tradicional de derechos de autor, a ‘algunos derechos reservados’, los cuales pueden ser escogidos por el autor. En este tipo de mecanismos se enmarcan las licencias Creative Commons (o licencias CC), cuyo propósito es “ofrecer un modelo legal de licencias y una serie de aplicaciones informáticas que faciliten la distribución y uso de contenidos dentro del dominio público” (Creative Commons Colombia, s.f.). Las licencias CC establecen las condiciones bajo las cuales se licencian los derechos de la creación, que pueden ser muy amplias (por ejemplo, cualquier explotación de la obra, incluyendo su comercialización, así como la creación y comercialización de obras derivadas), o más o menos restrictivas (inclu-

yendo varias combinaciones de exigencias de reconocimiento de autoría, no comercialización de la obra original o sus derivaciones, o la exigencia de que las obras derivadas incluyan las mismas licencias de la obra original).

Este tipo de mecanismos existen también para licenciar *software* libre y de código abierto; en particular, son conocidas las licencias impulsadas por la Free Software Foundation (2016), que aplica licencias de *software* libre al sistema operativo GNU y promueve el movimiento del *software* libre en el mundo, y las licencias impulsadas por la Open Source Initiative (s.f.).

Patentamiento de animales y títulos de obtentor de variedades vegetales

Hasta hace relativamente poco tiempo, los sistemas de propiedad intelectual excluían la posibilidad de proteger organismos vivos, sus métodos de obtención y sus aplicaciones. El principio bajo el cual se actuaba era el de que los ‘productos de la naturaleza’ no podían considerarse invenciones humanas ni creaciones intelectuales. Sin embargo, el escenario empezó a cambiar con la aparición de la biología molecular y la ingeniería genética y su cada vez mayor impacto en la producción de bienes y servicios, de tal manera que surgió la conveniencia del patentamiento de seres vivos con el propósito de crear incentivos para la investigación y la innovación en este y otros campos relacionados.

Los cambios en esta materia han sido introducidos recientemente en la normativa de manera gradual (Arteaga, Nemogá & Reguero, 1997, pp. 91 y ss.): ya con el descubrimiento de la penicilina y su producción mediante métodos fermentativos se había aceptado el patentamiento de dichos procesos, que involucran la acción de microorganismos, sin mediar cambios en la normativa de patentes. Sin embargo, un cambio más drástico ocurrió con la posibilidad de patentar microorganismos modificados genéticamente, con los cuales se han desarrollado procesos industriales en renglones tan diversos como el alimenticio, la salud, la minería y el cuidado del medio ambiente. Actualmente, tanto los microorganismos como los procesos asociados a ellos pueden ser patentados, bajo ciertas condiciones.

Sin embargo, el patentamiento de seres vivos superiores ha avanzado con más dificultad. Si bien es cierto que en los Estados Unidos se abrió la posibilidad de patentar organismos superiores en 1988 con el patentamiento del llamado Ratón de Harvard, un roedor transgénico que tiene la capacidad

de reproducir tumores cancerígenos humanos y ser utilizado para la investigación contra esa enfermedad, el hecho no se produjo sin gran debate y oposición (Arteaga, Nemogá & Reguero, 1997, p. 93). Algo parecido está ocurriendo actualmente con la posibilidad de patentar secuencias de genes humanos, las cuales pueden utilizarse para la producción de nuevos productos de diagnóstico y terapia genética. Si bien este tipo de posibilidades se está abriendo paso en las normativas de varios países desarrollados, en nuestro país el patentamiento de seres vivos superiores o sus partes, incluyendo su genoma o germoplasma, no está permitido, excepto cuando han sido modificados mediante ingeniería genética.

En relación con las plantas, su protección mediante sistemas de propiedad intelectual se ha desarrollado a través de dos caminos diferentes: uno, liderado e implementado por los Estados Unidos, que acepta el patentamiento de nuevas variedades de plantas mediante el sistema tradicional de patentes; y otro, liderado por los países europeos, que abre un camino alternativo al de las patentes, más flexible y sin las implicaciones a nivel productivo que tienen las patentes, conocido como Sistema de Protección de los Derechos de Obtentor de Variedades Vegetales y que dio origen a la UPOV (Unión para la Protección de Obtenciones Vegetales). En la tabla 6 se contrastan las características distintivas de ambos sistemas de protección.

En cuanto a los requisitos básicos para acceder a un título de obtentor, el ICA (1995) los define de la siguiente manera (art. 1):

- **Novedad:** cuando la variedad no ha sido explotada lícitamente con anterioridad a la fecha de solicitud. Se entiende que la variedad vegetal sobre la que se solicita la protección, corresponde a una nueva variedad resultado de las mejoras introducidas por la actividad humana. No se otorga la protección a una variedad existente que haya sido descubierta y reproducido sin cambios.
- **Distinguibilidad:** cuando la variedad se diferencia claramente de cualquier otra cuya existencia fuese comúnmente conocida a la fecha de presentación de la solicitud.
- **Homogeneidad:** cuando los caracteres esenciales de la variedad se mantienen suficientemente uniformes entre ejemplares

- **Estabilidad:** cuando los caracteres esenciales de la variedad se mantienen inalterados de generación en generación.

Tabla 6. Comparación entre patentes y títulos de obtentor

Características	Patentes	Títulos de obtentor
Legislación	Convenio de París. Decisión 486 de la CAN.	UPOV Decisión 345 de la CAN.
Requisitos	Novedad, nivel inventivo y aplicación industrial. Descripción del producto o proceso.	Novedad, estabilidad, homogeneidad y distinguibilidad. Depósito del ejemplar.
Prerrogativas	Explotación monopólica.	Explotación monopólica.
Excepciones	Seguridad nacional, invención contra la moral.	Derechos del agricultor, derechos del mejorador, investigación.
Duración de la protección	20 años	15-20 años, variedades de ciclo corto. 20-25 años, variedades permanentes.

Fuente: Arteaga, Nemogá y Reguero (1997, p. 104).

Respecto a las excepciones, el artículo 22 de la resolución 3168 del ICA establece el derecho del agricultor de sembrar en su misma explotación las semillas de variedades protegidas de arroz, soya y algodón, sin exceder determinadas cantidades (5 hectáreas para el arroz, 10 para la soya y 5 para el algodón) (Instituto Colombiano Agropecuario, 2015). Se exceptúa de este privilegio, por motivos de bioseguridad, las semillas modificadas genéticamente.

5. MODELO DE GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL

Introducción

El concepto de ‘modelo’ aplicado a la organización es ampliamente utilizado por investigadores y practicantes de la gestión empresarial. Un análisis de la literatura especializada revela múltiples modelos de gestión empresarial que se pueden emplear con propósitos evaluativos y de diagnóstico. Una buena selección y descripción de varios de los modelos más utilizados es presentado por Leadersphere (2008), para quien un modelo organizacional es una representación de una organización que nos ayuda a entender más clara y rápidamente lo que estamos observando en las organizaciones. De acuerdo con Burke y Litwin (1992, citados en Leadersphere, 2008, p. 3), estos modelos son útiles porque:

- Ayudan a mejorar nuestro entendimiento del comportamiento de la organización;
- ayudan a categorizar los datos acerca de la organización;
- ayudan a interpretar los datos que describen la organización;
- y ayudan a proveer un lenguaje común y abreviado sobre la organización.

Un modelo de gestión empresarial es un tipo particular de modelo organizacional; como tal, es una representación abstracta de una organización productiva y de las acciones que emprende para lograr determinados objetivos, la cual tiene como propósito acercarnos a la comprensión del estado y la dinámica de la empresa para orientar la acción gerencial. No obstante, la gestión empresarial puede verse desde múltiples perspectivas, por lo que es

común que los modelos de gestión se enfoquen en alguna de tales perspectivas. Para efectos del modelo que se presenta aquí, el enfoque es *la gestión de la innovación*, lo que da origen a los modelos de gestión de la innovación. Una recopilación y análisis de estos modelos reportados en la literatura especializada se encuentra en Fajardo y Robledo (2012).

El desarrollo de modelos nuevos o mejorados es una contribución significativa al avance de la gestión de la innovación empresarial. En este capítulo se presenta un modelo de gestión de la innovación que ha sido desarrollado por el Grupo de Innovación y Gestión Tecnológica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, buscando un modelo que se ajuste a las particularidades del medio empresarial colombiano. El trabajo llevado a cabo por el Grupo en esta línea se ha publicado a medida que el modelo se ha desarrollado y validado experimentalmente en varias empresas (Aguirre & Robledo, 2011; Robledo, López, Zapata & Pérez, 2010; Robledo, Aguilar & Pérez, 2011; Robledo & Pérez, 2011).

Fundamentos conceptuales y teóricos

El modelo que se presenta en este capítulo tiene como fundamentos los aportes teóricos de Nadler y Tushman (1997) y los resultados de los trabajos de Guan y Ma (2003), Yam, Guan, Pun y Tang (2004) y Wang, Lu y Chen (2009) sobre evaluación de capacidades de innovación, los cuales se resumen a continuación.

El Modelo de Congruencia de Nadler y Tushman (1997)

El modelo sistémico de congruencia organizacional de Nadler y Tushman (1997), que ha sido utilizado con éxito en el diagnóstico organizacional, se presenta en la figura 13, en una variante sugerida por Gouel (2005). Este modelo es una aplicación de la Teoría Contingente de la organización, que conceptualiza a la empresa como un sistema abierto en el que es posible distinguir un conjunto de componentes y relaciones cuyo desempeño se explica en términos del estado de balance y consistencia (o congruencia) que alcanzan sus elementos. El modelo se propone desde una aproximación sistémica a las organizaciones, respondiendo particularmente al paradigma de los sistemas abiertos, desde el cual se aborda actualmente el estudio de las organizaciones. Contrario a los sistemas cerrados, los cuales existen sin ninguna dependencia de su ambiente externo, los sistemas abiertos tienen

que interactuar con el ambiente externo para sobrevivir, poniendo de relieve las características de contingencia, dependencia, intercambio de recursos y productos, dinamismo y foco externo de las organizaciones productivas.

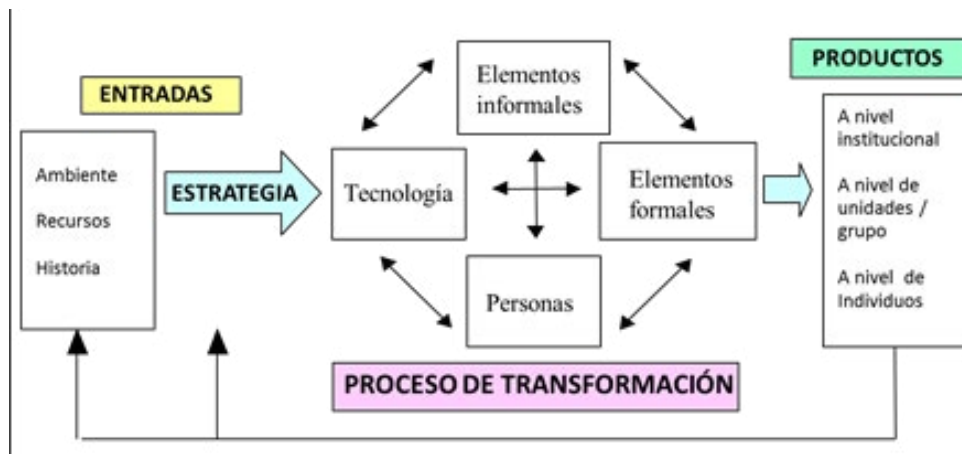


Figura 13. Modelo de Congruencia Sistémica de la Organización

Fuente: elaboración del autor con base en Nadler y Tushman (1997) y Gouel (2005).

Como elementos de este modelo se identifican las entradas (incluyendo la estrategia), los procesos de transformación y los productos, según se describe a continuación.

Las entradas (*inputs*) son elementos a los cuales la organización tiene acceso para configurar y desarrollar su misión y que la afectan de diversas maneras; incluyen:

- Las demandas, oportunidades y restricciones del ambiente en que se desenvuelve la organización.
- Los recursos o gama completa de activos a los que tiene acceso la organización.
- La historia de la organización, conformada por las decisiones estratégicas, la conducta de los líderes más importantes, las respuestas a las crisis pasadas y la evolución de sus valores y creencias.

La estrategia, entendida como el conjunto de decisiones organizacionales de direccionamiento y asignación de recursos escasos frente a las exigencias, restricciones y oportunidades ofrecidas por el ambiente.

El proceso de transformación (*throughput*), posibilitado por la interacción entre los sistemas técnicos (tecnología), los recursos humanos (personas), la organización formal (estructura y procesos organizacionales) y la organización informal (cultura organizacional, normas sociales, estilo de gestión).

Los productos (*outputs*) de la organización, que definen su desempeño a nivel de institución, de sus unidades o equipos de trabajo, y de los individuos.

Como fortalezas del modelo se pueden identificar su carácter sistémico, afín a las más recientes concepciones de la innovación empresarial como sistema abierto a las interacciones con el ambiente; su recurso al concepto de ‘congruencia’, que pone en evidencia su vínculo con la Teoría Contingente de la organización; la consideración explícita de la organización informal y su efecto sobre la dinámica de la organización, junto con la organización formal, la tecnología y las personas; y la puesta en escena de tres niveles de interacciones para explicar el comportamiento organizacional: el nivel individual, el grupal y el institucional.

No obstante, este modelo representa el *throughput* del sistema en un orden de agregación muy alto, en la forma genérica de ‘proceso de transformación’. Para mejorar su utilidad en la evaluación y la intervención de la gestión de la innovación, en el modelo que se propone más adelante se descompone este elemento constitutivo crítico de la empresa en factores de análisis más desagregados, a partir de la concepción de la empresa como conjunto de capacidades organizacionales desde la Perspectiva de la Empresa Basada en Recursos (Resource-Based View of the Firm).

Las propuestas de Guan y Ma, Yam *et al.* y Wang, Lu y Chen

Las capacidades de innovación son un concepto complejo, elusivo y con mucha incertidumbre, que es difícil de determinar y cuya medición requiere considerar simultáneamente múltiples criterios de orden cuantitativo y cualitativo aplicados a la organización (Wang, Lu & Chen, 2009). Sin embargo, a pesar de la complejidad del concepto, la medición y evaluación de las capacidades de innovación tecnológica se hacen imprescindibles. Buscando un marco analítico que sirva de base a este propósito, varios autores proponen clasificaciones que buscan facilitar su identificación, medición y evaluación. Entre ellos, se destacan las propuestas de Guan y Ma (2003), Yam *et al.* (2004) y Wang, Lu y Chen (2009).

Estos autores exploran clasificaciones y definiciones similares para medir y evaluar las capacidades de innovación tecnológica en diferentes sectores empresariales (cuadro 5). Guan y Ma (2003) analizan el papel de siete capacidades específicas de innovación tecnológica y tres variables empresariales (participación en el mercado doméstico, tamaño y rata de crecimiento de la productividad) en la determinación del desempeño exportador de una muestra de empresas industriales chinas. Yam *et al.* (2004) proponen un marco analítico para auditar la innovación tecnológica y examinar la relevancia de siete capacidades específicas de innovación tecnológica en la construcción y sostenibilidad del desempeño competitivo de la industria de Beijing (China). Por su parte, Wang, Lu y Chen (2007) estudian el desempeño de las empresas taiwanesas de alta tecnología respecto a sus capacidades de innovación tecnológica.

Las propuestas de estos autores hacen posible identificar, agrupar y analizar el amplio número de factores y variables que los estudios de la innovación tecnológica asocian a su gestión exitosa. Sus propuestas comparten la perspectiva de los recursos como fundamento teórico, a la vez que coinciden en la necesidad y utilidad de establecer una clasificación de las capacidades de innovación tecnológica para efectos de la evaluación del desempeño empresarial. En este sentido, avanzan significativamente en la dirección de establecer una clasificación y las respectivas definiciones de las capacidades de innovación. Sin embargo, las clasificaciones y definiciones utilizadas todavía presentan ciertas diferencias que conducen a la consideración de conjuntos distintos de variables evaluativas.

Pero quizás la principal deficiencia de los marcos de análisis en cuestión se refiere a la carencia de un modelo organizacional como referente conceptual; como resultado, las variables evaluativas se asocian a un conjunto heterogéneo de elementos constitutivos de la organización, que incluyen las intencionalidades estratégicas, las funciones organizacionales, los componentes organizacionales y los resultados, lo cual es teóricamente frágil. Así, es común observar dos problemas de coherencia en los marcos analíticos: algunas veces se incluyen variables de intencionalidad estratégica para medir las capacidades, y otras veces se incluyen variables de resultado con el mismo propósito. Ambas situaciones son inaceptables desde una perspectiva teórica bien fundamentada, en tanto que las capacidades constituyen el puente entre la intencionalidad estratégica y los resultados. Por otra parte, también se pueden observar problemas de completitud, al quedar excluidas

de los marcos analíticos variables que en la perspectiva organizacional son clave para posibilitar dinámicas de innovación exitosas.

En este sentido, el modelo propuesto a continuación permite diferenciar claramente las variables referidas a la estrategia, las referidas a los productos y las referidas a las capacidades de innovación propiamente dichas, introduciendo la posibilidad de un mayor rigor teórico al análisis. Así, el modelo contribuye a introducir un criterio más racional para garantizar la coherencia y completitud de las variables seleccionadas para medir y evaluar las capacidades.

Cuadro 5. Clasificaciones y definiciones de capacidades de innovación, según varios autores

Guan y Ma (2003, p. 740)

- Learning capability is the capacity to identify, assimilate, and exploit new knowledge essential for a firm's competitive success.
- R&D capability helps the firm to embrace many novel technologies and approaches when developing new technological assets.
- Manufacturing capability refers to the ability to transform R&D results into products, which meet market needs, in accordance with design request and can also be manufactured in batches.
- Marketing capability indicates the capacity to publicize and sell the products on the basis of understanding consumers' current and future needs, customers' access approaches, and competitors' knowledge.
- The resource exploiting capability represents the firm's ability to mobilize and expand its technological, human and financial resources.
- Organizational capability is the capacity to constitute a well-established organizational structure, coordinate the work of all activities towards shared objectives, and influence the speed of innovational processes through the infrastructure it creates for developmental projects.
- Strategic capability is the capacity to adopt different types of strategies that can adapt to environment changes for the excelling in the highly competitive environment.

Yam *et al.* (2004, p. 1126)

- Learning capability is a firm's ability to identify, assimilate, and exploit knowledge from the environment.
- R&D capability refers to a firm's ability to integrate R&D strategy, project implementation, project portfolio management, and R&D expenditure.
- Resources allocation capability is a firm's ability to acquire and to allocate appropriately capital, expertise and technology in the innovation process.
- Manufacturing capability refers to a firm's ability to transform R&D results into products, which meet market needs, accord with design request and can be manufactured.
- Marketing capability is a firm's ability to publicise and sell products on the basis of understanding consumer needs, the competitive environment, costs and benefits, and the acceptance of the innovation.
- Organising capability refers to a firm's ability in securing organizational mechanism and harmony, cultivating organization culture, and adopting good management practices.
- Strategic planning capability is a firm's ability to identify internal strengths and weaknesses and external opportunities and threats, formulate plans in accordance with corporate vision and missions, and adjusts the plans for implementation.

Wang, Lu y Chen (2009, p. 353)

- The R&D capabilities help a firm expand its existing technologies and establish novel technologies or improve R&D function.
- Innovation decision capabilities denote a firm's ability to execute technological innovation decisions for improving a firm's technological innovation ability.
- Marketing capabilities signify a firm's ability to promote and sell products on the basis of understanding customer demand.
- Manufacturing capabilities indicate a firm's ability to transform R&D results into product techniques and improvements in product quality.
- Capital capabilities comprise the necessary conditions to guarantee that firms advance their technological capabilities.

El modelo de gestión de la innovación empresarial

Como ya se anticipó, el modelo conceptual de gestión de la innovación empresarial que se presenta a continuación se basa en el modelo de Nadler y Tushman (1997) desarrollado en la perspectiva específica de la innovación, por lo que retoma las propuestas de conceptualización y clasificación de las capacidades de innovación de Guan y Ma (2003), Yam *et al.* (2004) y Wang, Lu y Chen (2009). Esta integración es posible, dada la compatibilidad de las propuestas con la Perspectiva de la Empresa Basada en los Recursos.

El modelo propuesto se presenta esquemáticamente en la figura 14. A continuación, se describen brevemente sus componentes y características principales.

Siguiendo a Nadler y Tushman, se trata de un modelo sistémico de congruencia organizacional, cuyo desempeño es el resultado complejo de la interacción congruente de sus elementos constitutivos. Estos elementos son el ambiente, como elemento presente en todo sistema abierto, con el cual interactúa la organización, la cual recibe como entrada las orientaciones y metas de la estrategia de innovación y produce los resultados de innovación que transforman el entorno y retroalimentan la estrategia. En este sentido, el modelo es una representación de la empresa en el plano innovador de su quehacer organizacional. El elemento ‘proceso organizacional’ de Nadler y Tushman toma aquí la forma de ‘capacidades de innovación’, conservando su naturaleza de *throughput* en la concepción de la Teoría de Sistemas. Desde esta óptica, las capacidades de innovación se entienden como la aptitud de la empresa para llevar a cabo las funciones organizacionales y lograr sus resultados de innovación a través del despliegue, la combinación y la coordinación de los componentes organizacionales, según las metas estratégicas de innovación previamente definidas.

Las capacidades de innovación se desdoblan, por tanto, en dos dimensiones: **las funciones organizacionales** en términos de la innovación:

- direccionamiento estratégico de la innovación,
- I+D,
- implementación interna de la innovación,
- implementación externa (mercadeo) de la innovación y
- gestión de recursos de innovación;

y **los componentes organizacionales** que se despliegan, combinan y coordinan en las funciones organizacionales, definidas con base en Nadler y Tushman:

- organización formal,
- tecnología,
- organización informal y
- personas.

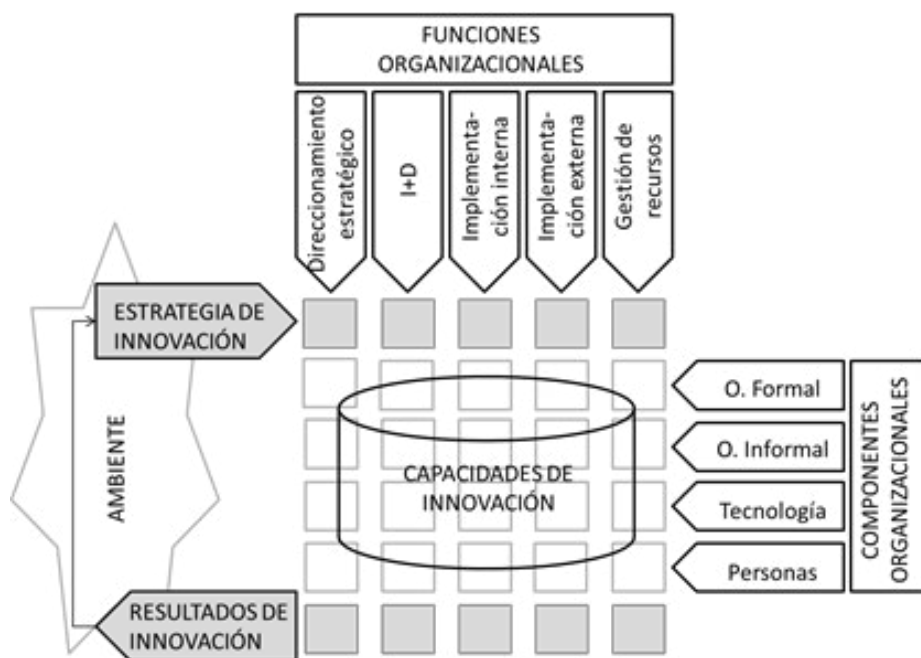


Figura 14. Modelo conceptual para la evaluación de la gestión de la innovación

En resumen, los elementos constitutivos del modelo son:

- 1) **El ambiente**, que comprende las demandas y requerimientos, oportunidades y amenazas, ofertas y restricciones del entorno empresarial en que la organización desarrolla sus actividades de innovación.
- 2) **La estrategia de innovación** o conjunto de decisiones organizacionales en materia de innovación, que comprometen el desarrollo futuro de la empresa en el largo plazo, dadas las condiciones del ambiente empresarial y los objetivos corporativos y de negocio a cuyo logro la estrategia de innovación debe contribuir.
- 3) **Las capacidades de innovación**, que corresponden a aquellas capacidades organizacionales que sustentan y facilitan la implementación de la estrategia y el logro de las metas de innovación.

Según el modelo, en cada función organizacional para la innovación la empresa debe acumular capacidades de innovación que son críticas para el logro de los objetivos estratégicos. Estas capacidades toman aquí las siguientes definiciones:

- **Capacidad de direccionamiento estratégico de la innovación** para formular e implementar decisiones estratégicas relacionadas con la innovación.
- **Capacidad de I+D** para generar y adaptar conocimiento tecnológico y desarrollar experimentalmente productos, procesos, métodos de mercadotecnia y formas de organización.
- **Capacidad de implementación interna** para transformar los resultados de I+D en innovaciones de proceso que satisfagan los requerimientos internos de la empresa y externos de las demás partes interesadas.
- **Capacidad de implementación externa (o de mercadeo)** para publicar y vender productos con base en la comprensión de las necesidades del mercado tanto presentes como futuras, el ambiente competitivo, los costos y beneficios y la aceptación de la innovación.
- **Capacidad de gestión de personal y recursos financieros para la innovación**, para adquirir y asignar apropiadamente talento humano y recursos financieros a los procesos de innovación.

El modelo proporciona una orientación conceptual para identificar, medir, analizar y evaluar las capacidades de innovación a partir de la matriz de dimensión —4 filas x 5 columnas— (figura 14) resultante del cruce de las funciones organizacionales y los componentes organizacionales. En la tabla 7 se sugieren algunas variables clave para la medición y el análisis. La evaluación de las capacidades se puede hacer definiendo referentes o *benchmarks* que pueden provenir de indicadores estándar de la industria, de las metas establecidas por la empresa o del análisis de la competencia (referenciación competitiva) (Drongelen & Cook, 1997). En cualquier caso, se recomienda siempre hacer una evaluación frente a *benchmarks* de indicadores y mejores prácticas de las empresas líderes a nivel internacional.

En Robledo, López, Zapata y Pérez (2010) y Robledo, Aguilar y Pérez (2011) se presentan dos versiones de un instrumento de evaluación de capacidades de innovación construido con base en el modelo propuesto. Las variables evaluativas definidas para representar las estrategias, las capacidades y los resultados, son medidas utilizando una combinación de métricas que incluyen valores cuantitativos continuos y discretos; valores cualitativos ordinales en escalas Likert y diferencial semántico, y valores de madurez de capacidades (siguiendo las propuestas del modelo CMMI). Cuando es nece-

sario según la métrica establecida, se acude a valores de referenciación competitiva (*benchmarks*) para posibilitar el ejercicio de evaluación. Los valores de cada una de las variables evaluativas se agregan para valorar cada una de las capacidades de innovación, utilizando un algoritmo de sumas ponderadas a partir de un árbol jerárquico de variables. Como resultado, se obtiene la evaluación de la gestión de la innovación de la empresa, en la forma de un análisis y diagnóstico de la estrategia, las capacidades de innovación y los resultados. La figura 15 presenta el radar de capacidades que resumen la evaluación de las capacidades de innovación de una empresa en el año 2011 utilizando el instrumento descrito.

Tabla 7. Matriz de tópicos de análisis y variables evaluativas

Componentes organizacionales	Funciones organizacionales				
	Direccionamiento estratégico	I+D	Implementación interna	Implementación externa	Gestión de recursos
Org. formal	✓ Madurez del proceso de gestión estratégica de la innovación	✓ Madurez del proceso de gestión de I+D+i	✓ Madurez de los procesos de producción	✓ Madurez del proceso de gestión de nuevos productos y versiones	✓ Madurez del proceso de gestión de recursos financieros ✓ Nivel de aplicación de esquemas de incentivo y reconocimiento a la creatividad, la inventiva y la innovación
	✓ Nivel de aplicación de técnicas de planeación prospectiva y estratégica ✓ Nivel de aplicación de técnicas de gestión de portafolio de proyectos de I+D+i	✓ Nivel de desarrollo de la infraestructura tecnológica para I+D+i ✓ Nivel de desarrollo de técnicas de gestión de proyectos de I+D+i	✓ Nivel relativo de actualización de la tecnología de producción respecto a la frontera del desarrollo tecnológico internacional	✓ Nivel de desarrollo de las técnicas de inteligencia de mercados aplicadas por la empresa	✓ Nivel de aplicación de técnicas de gestión del conocimiento
Org. informal	✓ Nivel de aceptación del riesgo y tolerancia al fracaso innovador ✓ Nivel de aceptación y participación de los empleados en los procesos de gestión estratégica de la innovación	✓ Trabajo interdepartamental e interdisciplinario ✓ Nivel de colaboración en I+D+i con otras empresas, CDTs, universidades y similares	✓ Ambiente de colaboración e intercambio abierto de conocimiento y experiencia ✓ Motivación y participación de los empleados en el mejoramiento continuo y la innovación	✓ Innovación abierta: Grado de relacionamiento con clientes y usuarios para la innovación de productos	- Componentes de ✓ Clima organizacional ✓ Cultura organizacional

Personal	✓ <i>Spillover</i> de multinacionales ✓ Porcentaje de personas de nivel directivo que dominan el inglés ✓ Diáspora ✓ Nivel de conocimiento especializado y experiencia específica del personal directivo en economía, administración y gestión empresarial	✓ Personal que participa en actividades de I+D+i ✓ Porcentaje de los empleados anteriores que domina el inglés	✓ Nivel de competencias certificadas del personal de producción	✓ Número de empleados con título de tecnólogo o superior en áreas de economía y administración que participan en las actividades de gestión de recursos humanos y financieros ✓ Porcentaje de los empleados anteriores que domina el inglés	✓ Número de empleados con título de tecnólogo o superior en áreas de economía y administración que participan en las actividades de gestión de recursos humanos y financieros ✓ Porcentaje de los empleados anteriores que domina el inglés
----------	--	--	---	---	---

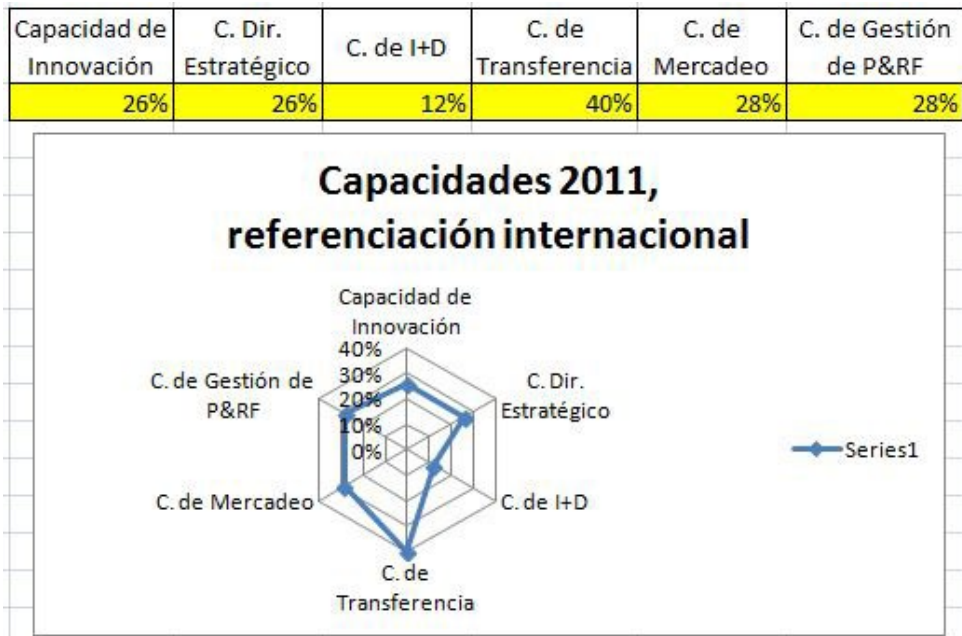


Figura 15. Radar de capacidades de innovación

4) Los resultados que la organización alcanza mediante el despliegue de sus capacidades de innovación, a la luz de las orientaciones y metas estratégicas de innovación establecidas por la empresa.

Los resultados de la gestión de la innovación se definen para cada función organizacional como se presenta en la tabla 8.

Tabla 8. Indicadores de resultado de la gestión de la innovación

Direccionamiento Estratégico	- Nivel de capacidades de innovación acumuladas para cada función organizacional - Impacto de la innovación en el posicionamiento de los productos de la empresa - Impacto de la innovación en las ventas
I+D	- Intensidad de la I+D+i - Solicitud y obtención de títulos de propiedad intelectual - Número de innovaciones exitosas en los últimos tres años
Implementación interna	- Duración del ciclo de desarrollo de producto - Productividad laboral anual con enfoque en valor agregado

Implementación externa	• Intensidad de mercadeo • Intensidad de exportación • Apertura de nuevos mercados • Participación en el mercado • Tiempo de retraso en llegar al mercado respecto al líder internacional • Satisfacción de los clientes
Gestión de recursos	• Intensidad de capacitación • Acceso a recursos de fomento de fuentes nacionales y de cooperación internacional • Índice de rotación del personal

Plan de fortalecimiento de la gestión de la innovación

La gestión de la innovación en las empresas, como todo proceso de gestión pensado para mejorar la competitividad de la organización a partir del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) de Deming, requiere una etapa de ‘verificación’ que permita evaluar el avance en la dirección establecida, para proceder a diseñar e introducir los cambios pertinentes. Esto no se puede hacer correctamente si no se dispone de un modelo de gestión de referencia, a partir del cual se realice la ‘verificación’; de hecho, tal modelo se requiere, en general, para aproximarse a la comprensión del estado y las dinámicas de la empresa y poder abordar adecuadamente todas las etapas del ciclo PHVA.

La evaluación y diagnóstico de la gestión de la innovación que es posible hacer con base en el modelo de gestión propuesto, permite llevar a cabo la etapa de verificación del ciclo PHVA aplicado a la gestión de la innovación. A partir de esta verificación se pueden elaborar planes de fortalecimiento de las capacidades de innovación para empresas específicas. Para la elaboración del plan se parte del conocimiento de la situación actual de la empresa en materia de gestión de la innovación y sus brechas respecto a referentes internacionales pertinentes (diagnóstico), en el contexto analítico dado por el modelo de gestión de la innovación propuesto, para llegar a la definición de acciones a implementar. En algunos casos, la identificación de dichas acciones puede implicar un análisis y evaluación de opciones; en otros casos, las opciones se pueden dejar abiertas a un análisis posterior de la empresa. Finalmente, como en todo plan, se deben establecer los responsables de las acciones y los plazos para su desarrollo.

Validación del modelo y trabajo futuro

Las innovaciones organizacionales para adoptar sistemas de gestión de la innovación nuevos o significativamente mejorados, requieren un modelo conceptual que sustente la concepción, diseño e implementación de los cambios. La propuesta de modelo presentada aquí tiene tal propósito; está basado en teorías de gestión ampliamente difundidas en la literatura especializada y validadas por la experiencia, con desarrollos adicionales introducidos por el Grupo de Innovación y Gestión Tecnológica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. En este sentido, es un modelo con sólido soporte en el conocimiento avanzado de gestión difundido a través de la literatura, pero que se puede desarrollar y adaptar a la medida de empresas específicas.

El modelo descrito se basa en dos propuestas básicas: el modelo de congruencia organizacional de Nadler y Tushman modificado por Gouel, que identifica y relaciona de una manera sistémica los elementos constitutivos fundamentales de las organizaciones; y las propuestas de autores seleccionados sobre las definiciones y clasificaciones de las capacidades de innovación, con las métricas asociadas que permiten aproximarse a su medición y evaluación, desde la perspectiva de los recursos.

La aplicación experimental del modelo en varias empresas por parte del Grupo de Innovación y Gestión Tecnológica (Robledo & Zapata, 2013; Robledo & Rendón, 2014), ha permitido introducir ajustes a la propuesta punto de partida, avanzando en su proceso de validación experimental. El resultado es una mayor solidez de la propuesta, tanto en lo conceptual como en lo metodológico. A la vez, el trabajo realizado confirma la utilidad práctica del modelo, pues la evaluación permite elaborar diagnósticos y de allí planes de acción para fortalecer la gestión de la innovación en las empresas.

Para el desarrollo y validación adicional del modelo, se vislumbran tres frentes de trabajo: en primer lugar, refinar la selección de variables del modelo, buscando que el modelo represente más fielmente a la empresa como objeto de análisis. En segundo lugar, mejorar las métricas y algoritmos de procesamiento de las variables evaluativas, buscando generar un diagnóstico de la empresa cada vez más preciso. Finalmente, desarrollar un procedimiento de análisis de congruencia de los componentes organizacionales, como proponen Nadler y Tushman, de manera que se obtenga un importante complemento cualitativo al análisis que posibilita actualmente el instrumento de evaluación.

6. GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LA INNOVACIÓN

Introducción

Retomando brevemente dos ideas claves del capítulo 2, comenzaremos señalando, por una parte, la importancia de la innovación como motor del desarrollo socioeconómico de las sociedades contemporáneas y como responsable de la transformación del conocimiento científico y tecnológico en riqueza económica, bienestar social y desarrollo humano; y, por otra, la importancia de la organización productiva como actor protagónico de los sistemas de innovación. En tales condiciones, la suerte de las organizaciones productivas y del desarrollo social está ligada inexorablemente a la innovación. Para las empresas, este es un reto en el que se compromete el éxito de los negocios y la supervivencia de la organización.

Ello exige, como todo desafío trascendente de gestión, asumir la innovación desde una doble perspectiva: estratégica y táctica-operativa. La perspectiva estratégica implica abordar dimensiones de la actividad empresarial en las que la organización compromete sus posibilidades de existencia y éxito futuro a través de orientaciones y decisiones irreversibles o que pueden representar altos costos para la organización en términos de recursos, oportunidad y tiempo. En cambio, la perspectiva táctica-operativa orienta sus objetivos hacia el desarrollo exitoso de aquellas actividades que, en el corto plazo y de manera sinérgica, contribuyen a la implantación de las orientaciones y decisiones estratégicas al nivel de las instancias organizacionales de nivel jerárquico intermedio y de los procesos productivos.

En este capítulo se hará una introducción conceptual y metodológica a la gestión estratégica de la innovación, como disciplina indispensable para

abordar con éxito el desafío de la gestión empresarial. El capítulo inicia con una reflexión sobre la importancia estratégica de la innovación, para justificar la necesidad de una estrategia en este campo de la gestión; luego presenta las propuestas de Pavitt y Porter que contribuyen al análisis sectorial, importante como un componente del análisis estratégico, y continúa con las principales clasificaciones propuestas sobre las estrategias de innovación. El cuerpo principal del capítulo se centra en el ciclo de gestión estratégica de la innovación, y concluye con una introducción a la Perspectiva de los Recursos y Capacidades y el aprendizaje organizacional.

Importancia estratégica de la innovación

El contexto tecnoeconómico que a nivel global afecta hoy a las empresas está caracterizado, entre otros factores, por: a) un nivel de competencia que aumenta rápidamente y que eventualmente abarcará todos los mercados; b) un rápido avance de la tecnología que está impactando fuertemente la actividad productiva; y c) una creciente exigencia de altas tasas de retorno en el corto plazo a la inversión productiva por parte de un sistema financiero global cada vez más eficiente. El sector empresarial colombiano no escapa a estas tendencias; por el contrario, los programas de internacionalización de la economía que se vienen implantando desde finales de los 80 y que **se están profundizando** con el Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos y otros tratados similares, lo están insertando cada vez más en la dinámica global de la competencia de los mercados internacionales y del acelerado cambio tecnológico.

Sin embargo, la alta competencia de los mercados y el acelerado cambio técnico no son fenómenos nuevos. De alguna u otra forma, ya han sido tenidos en cuenta por muchos gerentes en su labor de gestión empresarial. Lo nuevo es, sin duda, una mayor exposición de las empresas nacionales a la competencia de firmas extranjeras, resultado de la supresión de las reservas de mercado, la reducción o supresión de las barreras arancelarias y la negociación de acuerdos de libre comercio que abren los mercados nacionales a la competencia internacional y que, de manera irreversible, desmontan el modelo de industrialización basado en la sustitución de importaciones que conformó el contexto en que nació y creció gran parte de la industria nacional.

Estas circunstancias exigen una revaluación de las capacidades competitivas de la industria colombiana y una reformulación de las estrategias empresariales tradicionales. En particular, esto aplica para la estrategia de innovación. Estudios recientes han suministrado evidencias para afirmar que las firmas que adoptan estrategias de innovación apropiadas alcanzan posiciones competitivas ventajosas. No obstante, todavía hay mucho conocimiento por ganar en este campo. En general se reconoce el carácter multicausal de la competitividad: un amplio rango de factores relacionados y no relacionados con el precio de los productos afecta la posición competitiva de las empresas, entre los cuales la innovación es un factor preponderante, a tal punto que en muchos casos se le atribuye un papel decisivo.

En efecto, como afirma Freeman¹¹, muchas empresas están abocadas a innovar o morir:

En consecuencia, si desean sobrevivir a pesar de todas las incertidumbres sobre la innovación, la mayoría de las empresas tienen que implicarse en una espiral innovadora. Puede que no deseen ser innovadoras ofensivas, pero a menudo apenas pueden evitar ser innovadoras defensivas o imitativas. Los cambios en la tecnología y en el mercado y el avance de sus competidores las obligan a intentar mantener el ritmo de la innovación de una manera u otra. (Freeman & Soete, 1997, p. 266, traducción del autor)

A pesar de que esta es una antigua aseveración, su vigencia no ha perdido fuerza; por el contrario, los vertiginosos cambios que afectan hoy el mundo de los negocios hacen que cobre cada día un renovado vigor. En palabras de Denning (2012):

La realidad empresarial de hoy es que el único lugar seguro contra la innovación rampante es unirse a ella. En lugar de ver el negocio, y la estrategia y la capacitación empresarial, como una cuestión de cómo vencer a sus rivales conocidos y protegerse contra la competencia a través de barreras estructurales, si un negocio quiere sobrevivir, debe apuntar a agregar valor a sus productos a través de la innovación continua y de encontrar nuevas formas de deleitar a sus clientes. Así, la experimenta-

¹¹ La fuente citada es la tercera edición (con Soete) de la obra pionera de Freeman (1974) *The Economics of Industrial Innovation*, pero el texto es igual al publicado en la primera edición del libro.

ción y la innovación se convierten en parte integral de todo lo que hace la organización. (Denning, 2012, párr. 31, traducción del autor)

Un reto tan significativo debe ser asumido seriamente por las empresas a través de sus procesos de gestión. Desafortunadamente, la industria colombiana no descuella por su desarrollo tecnológico ni su dinamismo innovador. Indudablemente, es imperativa una revisión a fondo de las estrategias empleadas por las empresas nacionales para hacer frente al acelerado cambio técnico y, antes que sufrir pasivamente la rápida obsolescencia de productos y procesos, actuar proactiva y flexiblemente para explotar las oportunidades que conlleva.

La reorientación de la estrategia empresarial es más necesaria y se hace imprescindible en aquellos sectores donde el cambio técnico se produce con mayor velocidad. En cualquier caso, es importante que las decisiones estratégicas se tomen sobre una comprensión adecuada de las dinámicas de innovación. Para ello, es conveniente apoyar el análisis en clasificaciones sectoriales y estratégicas propuestas para tal fin. A continuación se presenta la clasificación sectorial de Pavitt y la clasificación de estrategias de Freeman, que han constituido un punto de partida seminal para posteriores propuestas.

Los sectores empresariales desde la innovación

Pavitt (1984) propone la siguiente clasificación para describir y categorizar industrias y empresas, teniendo como criterio las dinámicas de la innovación:

- **Empresas dominadas por los proveedores:** empresas con débiles capacidades de I+D e ingeniería, que dependen de los proveedores de equipos y materiales para abrir oportunidades de innovación. Ejemplo: empresas textiles y agrícolas.
- **Empresas de escala intensiva:** empresas con una alta división del trabajo y actividades estandarizadas de producción, grandes mercados y altas economías de escala. La mayor parte de la tecnología de estas empresas se desarrolla, aplica y mejora en el marco de actividades de producción e inversión y se refieren a sistemas de producción de gran escala, interdependientes y complejos. Ejemplo: empresas del sector automotor.
- **Proveedores especializados:** la ventaja tecnológica específica de las empresas de esta categoría se basa en su capacidad de mejorar el desem-

peño de productos especializados (insumos, equipos y materias primas como maquinaria, instrumentación, materiales y **software**) necesarios para sistemas de producción complejos e interdependientes o para sus clientes. Ejemplo: empresas productoras de maquinaria especializada e instrumentos de alta tecnología.

- **Empresas basadas en ciencia:** empresas a las que la I+D les posibilita acumular y explotar una rica base de tecnologías modulares, las cuales emergen de avances científicos en física, química y biología, permitiéndoles la diversificación horizontal en nuevos mercados. Ejemplos: empresas farmacéuticas y de electrónica.

Esta taxonomía ha sido usada ampliamente para analizar fenómenos empresariales en los cuales la innovación es un factor dinamizador, confirmando su utilidad (ver, por ejemplo, Coombs y Richards, 1991, y Vega, Gutiérrez y Fernández, 2009). Sin embargo, se ha encontrado que las categorías no son ortogonales, es decir, que las empresas pueden poseer atributos de varias de ellas de manera simultánea y que el balance entre dichos atributos puede cambiar con el tiempo. Incluso, este balance de atributos puede ser una variable estratégica que abra oportunidades de maniobra gerencial con fines de negocio (Coombs & Richards, 1991).

Además de la taxonomía de Pavitt, que se basa en las dinámicas de la innovación y contribuye al análisis estratégico, hay otras formas de entender las dinámicas de la competencia sectorial que tienen aplicación en el análisis estratégico. Quizás, la más popular en años recientes, es la teoría de las Cinco Fuerzas de Porter, que están dadas por: 1) el poder de los proveedores; 2) el poder de los compradores; 3) la rivalidad con los competidores existentes; 4) la amenaza de los productos sustitutos; y 5) la amenaza de los nuevos competidores (Porter M., 1979). Según esta teoría, estas fuerzas determinan la intensidad competitiva y la atractividad de un mercado, ayudando a identificar las posiciones de poder. De esta manera, una empresa puede entender las debilidades y fortalezas de su posición competitiva actual y vislumbrar las fortalezas de una nueva posición hacia la cual desee moverse estratégicamente. Como resultado de este análisis, la empresa puede determinar la potencialidad competitiva y la rentabilidad de los nuevos negocios.

Si bien el análisis sectorial es, en general, útil para el entendimiento de las distintas dinámicas de la innovación y la competencia empresarial, es importante deshacer el mito del posicionamiento estratégico basado en su-

puestas características estructurales más o menos inmutables, impulsado por el marco analítico de las Cinco Fuerzas de Porter. Como sostiene Denning:

Excepto en algunas áreas, como la salud y la defensa, donde la regulación gubernamental ofrece cierta protección, ya no hay refugios seguros para las empresas. Las barreras nacionales se derrumbaron. El conocimiento se convirtió en una mercancía. Las nuevas tecnologías impulsaron grandes innovaciones. La entrada en los mercados existentes se ha convertido en algo alarmantemente fácil. Nuevos productos y nuevos participantes han redefinido abruptamente las industrias. (Denning, 2012, párr. 29, traducción del autor)

En este sentido, todo análisis sectorial debe ser considerado solamente un insumo de análisis, pero siempre teniendo en cuenta que, en último término, son los clientes la única fuerza dominante y la que decide el destino de las empresas, con la innovación permanente como la única estrategia válida para agregar valor y satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes (Denning, 2012).

Clasificación de las estrategias de innovación de Freeman

La principal dimensión estratégica de toda empresa tiene que ver con los productos que constituyen la esencia del negocio, los procesos para producirlos y los mercados abiertos para los mismos. La mezcla producto-proceso-mercado es, entonces, la decisión estratégica básica de toda empresa, a la cual nos referiremos en lo sucesivo en términos de ‘estrategia de innovación’, en tanto que es el proceso de innovación empresarial el que da cuenta e integra estos tres elementos básicos que identifican a cada empresa. Siguiendo a Freeman y Soete (1997), podemos incluso simplificar estos elementos a dos componentes aún más básicos del negocio: la tecnología y el mercado. Esta es una integración lógica si consideramos que, en el ámbito empresarial, la tecnología es fundamentalmente tecnología de producto y tecnología de proceso, y está presente en los productos y procesos actuales y en los que la empresa tenga previsto implementar en el futuro.

En este sentido, puede decirse que toda empresa trabaja sobre la base de una estrategia de innovación, aunque muchas veces no sea una estrategia consciente y explícita. Obviamente, en la realidad encontraremos tantas estrategias de innovación como empresas existen, en tanto que toda empre-

sa hace una integración única de tecnología y mercado. No obstante, para efectos conceptuales y analíticos, es valioso intentar una clasificación de las estrategias de innovación empresariales, aunque, como toda clasificación, el resultado puede ser un tanto artificial y arbitrario. Aquí utilizaremos la clasificación propuesta desde hace varias décadas por (Freeman, 1974), que ha sido ampliamente utilizada en la literatura sobre el tema y aún conserva plena vigencia¹². Dicha clasificación define los siguientes tipos de estrategia de innovación: a) ofensiva, b) defensiva, c) imitativa, d) dependiente, e) tradicional y f) oportunista, cuyas características se resumen a continuación.

Estrategia de innovación ofensiva

Según Freeman y Soete (1997, p. 168), una estrategia de innovación ‘ofensiva’ está diseñada para lograr un liderazgo técnico y de mercado al poner a la empresa por delante de los competidores en la introducción de nuevos productos. Tal estrategia es solamente posible cuando la firma puede acceder de manera exclusiva o preferencial a nuevo conocimiento científico y tecnológico y es capaz de convertir tal conocimiento en una innovación tecnológica. Una posición competitiva tal se configura cuando:

- la empresa establece una relación particularmente fuerte con el sistema de ciencia y tecnología;
- tiene una fortaleza propia considerable en I+D, con un componente importante de investigación básica orientada e investigación aplicada;
- es particularmente veloz en aprovechar las posibilidades de innovación;
- presenta una combinación de varias de las circunstancias anteriores.

Las estrategias ofensivas usualmente exigen la acumulación de capacidades tecnológicas significativamente mayores al promedio del sector, lo cual demanda un cuidadoso desarrollo de los canales de aprendizaje tecnológico que se examinarán más adelante en este capítulo. En particular, son relevantes los aprendizajes logrados a través de la I+D, la vinculación y capacitación de personal científico y técnico altamente especializado, y el mantenimiento de fuertes relaciones con centros externos de investigación.

¹² Sin embargo, las citas del texto que se hacen más adelante, corresponden a la tercera edición de la obra de Freeman, ampliada y actualizada en colaboración con Luc Soete.

Por otro lado, este tipo de estrategias involucran generalmente altas inversiones y conllevan grandes riesgos e incertidumbres, factores estos que no favorecen la adopción de estrategias ofensivas por parte de las empresas. En este sentido, los analistas han identificado una mayor propensión de parte de las empresas pequeñas y nacientes a asumir tales riesgos, impulsadas por la provisión de capital proveniente de fondos de inversión o de inversionistas privados que están preparados para ello, incentivados por la posibilidad de obtener altas rentabilidades en caso de alcanzar el éxito. En las grandes empresas se observa, por el contrario, una tendencia a una mayor aversión a asumir el riesgo que implican las estrategias ofensivas. Sin embargo, a este tipo de empresas las favorece su capacidad gerencial, operativa y, principalmente, financiera.

La necesidad de un sistema científico y tecnológico consolidado y la presencia de alto riesgo e incertidumbre asociados a las estrategias ofensivas, hacen que la participación del Estado sea crucial para inclinar la balanza en favor de este tipo de estrategias. Esta participación puede darse, por ejemplo, asumiendo con recursos públicos una porción significativa de los costos involucrados en crear condiciones propicias para el desarrollo científico y tecnológico y para el acceso al mismo por parte de las empresas.

Estrategia de innovación defensiva

Este tipo de estrategia es similar a la ofensiva en muchos aspectos; la diferencia fundamental estriba en que las empresas que siguen estrategias defensivas deciden no ser las primeras en llegar al mercado con sus innovaciones. De esta manera buscan disminuir los riesgos y despejar muchas incertidumbres relativas a la reacción del mercado ante la innovación, así como aprovecharse de los errores que cometen los innovadores líderes. Sin embargo, quienes siguen este tipo de estrategia hacen esfuerzos por no ser dejados muy atrás en el proceso de innovación, pues se arriesgarían a perder las ventajas que tiene ser los segundos en el mercado, muy cerca de los líderes.

Aunque una estrategia de innovación defensiva no requiere capacidades propias de investigación básica orientada, de todas maneras la función de I+D sí juega un papel muy importante en hacer viable la estrategia; por otra parte, la ausencia de investigación básica orientada debe compensarse con una cercana y permanente relación con centros de investigación que estén a la vanguardia del desarrollo científico y tecnológico en el campo respectivo, y con una función de inteligencia tecnológica altamente desarrollada.

Estrategias de innovación imitativa y dependiente

Las empresas que siguen estrategias ofensivas recurren permanentemente a las patentes y otras formas de protección de la propiedad intelectual como un medio para recuperar sus considerables inversiones en I+D. Ello les permite no solamente explotar los monopolios temporales otorgados por las patentes, sino también percibir ingresos adicionales significativos por licenciar sus derechos. Algo semejante ocurre con las empresas que siguen estrategias defensivas; sin embargo, en este caso las patentes juegan un papel predominantemente defensivo, buscando evitar la concurrencia de competidores a sus mercados; el licenciamiento es más escaso y funciona más bien en sentido inverso: la empresa busca acceder a licencias con el propósito de adquirir el dominio de determinada tecnología e introducirle mejoras que diferencien sus procesos y productos de los de la competencia. Bajo estrategias defensivas, es común que los pagos por licencias superen los ingresos por el licenciamiento de patentes propias.

Las empresas que siguen estrategias imitativas no buscan deliberadamente patentar, aunque ello puede ocurrir esporádicamente como un subproducto de su actividad tecnológica; aun así, en estos casos las patentes suelen otorgarse por mejoras más que por invenciones, tomando usualmente la forma de patentes de modelos de utilidad.

Las empresas imitativas se caracterizan por introducir innovaciones con un retraso significativo frente a los líderes. Con frecuencia, ello sucede cuando las patentes ya están vencidas y las tecnologías son de dominio público y de relativo fácil acceso. En caso de que las patentes estén todavía vigentes, las empresas que siguen este tipo de estrategia recurren a la transferencia de tecnología basada en licenciamiento y compra de *know-how*. Normalmente este tipo de empresas no hace I+D, pero requiere ciertas capacidades tecnológicas en sus funciones de ingeniería, producción y servicios técnicos, para lo cual es altamente relevante el aprendizaje a través de la vinculación de técnicos, la capacitación y el entrenamiento de personal.

Sin embargo, en los países en vía de desarrollo las empresas imitativas pueden encontrar dificultades para acceder al dominio de ciertas tecnologías por insuficiencias en los sistemas de ciencia, tecnología y educación, lo cual hace que estas empresas tengan que acumular mayores capacidades tecnológicas propias e, incluso, hacer I+D, a diferencia de sus similares de países desarrollados. En este caso, la función de I+D juega un papel signi-

ficativo como canal de aprendizaje tecnológico para el dominio de ciertas tecnologías de producto y de proceso, que son necesarias para garantizar una adecuada transferencia tecnológica a través de compra de tecnología incorporada y desincorporada. De todas formas, la capacidad de competencia de las empresas imitativas es débil y usualmente reside en la reserva o protección del mercado y en el bajo costo de ciertos factores de producción (materias primas y mano de obra).

Las estrategias dependientes son muy similares a las imitativas, con la particularidad de que las empresas que siguen tales estrategias son fuertemente dependientes de la iniciativa de otras empresas, usualmente más grandes y desarrolladas tecnológicamente, a las cuales sirven como proveedores. En este caso, la innovación es inducida por la empresa cliente, quien puede también, con frecuencia, proveer asistencia técnica para introducir la innovación. Este fenómeno da lugar en ocasiones al establecimiento de fuertes y productivas relaciones cliente-proveedor, con beneficios mutuos para ambos tipos de empresas. Inclusive, es posible que, dadas las circunstancias correctas de colaboración interempresarial y apoyo gubernamental, las relaciones de dependencia comercial y tecnológica de los proveedores respecto a sus clientes se puedan superar poco a poco, dando lugar a empresas más autónomas tecnológicamente y con mercados más diversificados.

Estrategias de innovación tradicional y oportunista

La característica principal de las empresas tradicionales es que sus productos no cambian o cambian muy poco, y el cambio, cuando lo hay, es predominantemente estético, dictado por tendencias de moda o relacionado con características accesorias de los productos o de su forma de suministro. Los procesos de producción de estas empresas tienen muy pocas o nulas bases científicas, y descansan más en el conocimiento tradicional y las habilidades artesanales o artísticas. Algunos de los mejores ejemplos de empresas tradicionales se encuentran en el sector de alimentos y bebidas, en el comercio minorista y en ciertos sectores manufactureros de productos básicos como calzado, confecciones, muebles, etc.

Estas empresas tienden a competir con base en su capacidad para identificar y satisfacer los gustos de sus clientes, por la favorable relación precio / calidad de sus productos, por su localización o por otros factores estáticos. Sin embargo, ciertos sectores en los que es común encontrar empresas tradicionales (calzado, confección, muebles y otros) han sido recientemente

sensibles a la competencia de empresas extranjeras innovadoras, incluso de países desarrollados. El mensaje es claro: muchas empresas tradicionales que han disfrutado por largos años de una significativa participación del mercado, corren actualmente el riesgo de desaparecer ante la competencia de empresas con estrategias de innovación más agresivas.

La clasificación de estrategias de innovación propuesta por Freeman se completa con la estrategia oportunista, adelantadas por aquellas empresas que identifican nichos de mercado sin explotar y que se mueven rápidamente para aprovechar las oportunidades de negocio emergentes. Por tal motivo, estas estrategias son también conocidas como estrategias de nicho. En este caso, la capacidad competitiva de estas empresas reside no tanto en su capacidad tecnológica o productiva, como en su capacidad para identificar los nichos de mercado y responder rápidamente a la oportunidad. Sin embargo, la posición competitiva de las empresas oportunistas es frágil y su éxito en el mercado se puede agotar rápidamente, ante la competencia de empresas que concurren al nicho atraídas por las perspectivas de participación.

Tipología de Miles y Snow

Aunque no es propiamente una clasificación de las estrategias de innovación, la tipología propuesta por Miles y Snow (1978) es también muy usada para analizar las posiciones estratégicas genéricas de las empresas respecto a la innovación. Esta clasificación emerge de la forma en que las empresas resuelven tres problemas fundamentales: el problema del emprendimiento del negocio (la forma en que la empresa encara su participación en el mercado), el problema ingenieril (que se refiera a los procesos de producción que le permiten llegar al mercado con una oferta de productos) y el problema administrativo (que considera cómo se debe estructurar organizacionalmente para resolver los dos problemas anteriores). Miles y Snow concluyen que, aunque cada empresa encuentra una forma propia de encarar los tres problemas anteriores, de tal diversidad emergen cuatro tipos de respuestas que dan lugar a las siguientes categorías de empresas: defensoras (*defenders*), exploradoras (*prospectors*), analizadoras (*analyzer*s) y reactivas (*reactors*). El cuadro 6 presenta la descripción que Miles y Snow hacen de cada tipo.

Cuadro 6. Tipología de Miles y Snow

Defenders Defenders are organisations which have narrow product-market domains. Top managers in this type of organisation are highly expert in their organisation's limited area of operation but do not tend to search outside of their domains for new opportunities. As a result of this narrow focus, these organisations seldom need to make major adjustments in their technology, structure, or methods of operation. Instead they devote primary attention to improving the efficiency of their existing operations.	Prospectors Prospectors are organisations that almost continually search for market opportunities, and they regularly experiment with potential responses to emerging environmental trends. Thus, these organisations often are the creators of change and uncertainty to which their competitors must respond. However, because of their strong concern for product and market innovation, these organisations usually are not completely efficient.
Analyzers Analyzers are organisations that operate in two types of product-market domains, one relatively stable, the other changing. In their stable areas, these organisations operate routinely and efficiently through use of formalised structures and processes. In their more turbulent areas, top managers watch their competitors closely for new ideas, and then they rapidly adopt those that appear to be the most promising.	Reactors Reactors are organisations in which top managers frequently perceive change and uncertainty occurring in their organisational environments but are unable to respond effectively. Because this type of organisation lacks a consistent strategy-structure relationship, it seldom makes adjustment of any sort until forced to do so by environmental pressures.

Fuente: Miles y Snow (1978, p. 29).

En la tabla 9 se caracterizan las respuestas que da cada tipo de empresas a los problemas básicos que enfrentan (mercado, tecnología, organización).

Tabla 9. Respuestas características de los tipos de empresas según Miles y Snow

	Mercado	Tecnología	Organización
Defensoras	Buscan conservar su participación en el mercado. Compiten sobre la base de precios bajos. Se especializan en ciertos nichos de mercado.	Emplean tecnologías maduras y procesos de producción estándar para mantener los costos bajos.	Buscan la eficiencia mediante la integración vertical. Adoptan estructuras centralizadas y procesos altamente formalizados. Debido a la estabilidad de sus ambientes, planean para el largo plazo.
Exploradoras	Exploran nuevos productos y nuevas oportunidades de mercado. Ofrecen portafolios diversificados de productos y tecnologías. Promueven la creatividad sobre la eficiencia.	Buscan independencia tecnológica. Priorizan la innovación como forma de responder a los cambios del mercado. Buscan crear nuevos mercados mediante la oferta de nuevos productos.	Buscan nuevas formas organizativas para coordinar su amplia variedad de productos y promover la innovación. Adoptan estructuras descentralizadas con pocos niveles jerárquicos. Emplean personal generalista. Promueven la colaboración.
Analizadoras	Buscan mantener su participación en los mercados y, a la vez, explorar nuevas oportunidades con la innovación.	Buscan mantener altas eficiencias operacionales en las líneas de productos tradicionales, pero enfatizan el desarrollo de nuevos productos para ser competitivos cuando los mercados cambien.	Enfrentan el desafío de balancear sus características mixtas de defensoras y exploradoras.
Reactivas	Reaccionan frente a las presiones del mercado sin una clara estrategia.	Emprenden innovaciones cuando son obligadas por las circunstancias cambiantes del mercado o la tecnología.	No desarrollan formas organizacionales claras para enfrentar los problemas del mercado y la tecnología.

Fuente: elaboración del autor con base en Miles y Snow (1978).

Otros tipos de estrategia de innovación

Como otros tipos de estrategia de innovación de amplio uso en la literatura y la práctica de la gestión de la innovación, pueden mencionarse la innovación abierta y las estrategias que se clasifican según el orden de llegada de las innovaciones a los mercados.

Innovación abierta e innovación cerrada

La innovación abierta, más que un tipo de innovación, es una decisión estratégica que conduce a las empresas a consolidar la apertura de la gestión de la innovación a la colaboración con usuarios externos, tanto desde la perspectiva de la exploración (generación y desarrollo de innovaciones) como de la explotación del conocimiento y la tecnología (comercialización del conocimiento y los nuevos desarrollos). Por tanto, la innovación abierta contribuye a fortalecer las redes de innovación en la perspectiva de los modelos sistémicos y a profundizar los canales de aprendizaje que se han denominado en la literatura ‘learning-by-collaborating’ y ‘learning-by-using’.

Los principios y metodologías de la innovación abierta han sido desarrollados y popularizados por Henry Chesbrough (2003), bajo la siguiente definición:

La innovación abierta es el uso de entradas y salidas intencionales de conocimiento, para acelerar la innovación interna (mediante el uso de entradas) y expandir los mercados para la aplicación externa de la innovación (mediante el uso de salidas). Este paradigma asume que las empresas pueden y deben usar ideas externas, así como ideas internas y caminos internos y externos al mercado, a medida que buscan avanzar en su tecnología. (Chesbrough, Vanhaverbeke & West, 2006, p. 1, traducción del autor)

La innovación abierta no pretende reemplazar otras formas de innovación, sino que propone la existencia de un amplio potencial de oportunidades de exploración y explotación del conocimiento tecnológico que residen por fuera de la organización, y que van desplazando poco a poco en importancia las prácticas de la ‘innovación cerrada’, es decir, aquella que focaliza su atención en el contexto interno de las organizaciones. Esta coexistencia de prácticas de innovación abierta e innovación cerrada es representada gráficamente en la figura 16.

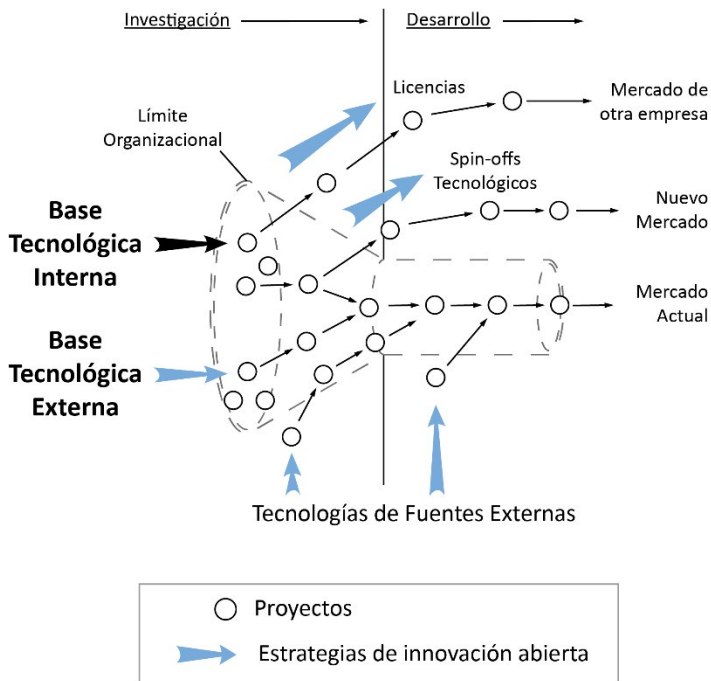


Figura 16. Complementariedad entre la innovación abierta y la innovación cerrada
Fuente: elaboración del autor con base en Chesbrough (2003).

Estrategias de orden de llegada a los mercados

Finalmente, para completar las propuestas de clasificación, es importante mencionar dos que han tenido muy buena aceptación. La primera surge de la literatura sobre *'first-mover advantage'* (Lieberman & Montgomery, 1998), en la cual se tipifican tres tipos de estrategia según el orden de llegada de los competidores al mercado: estrategia de liderazgo o de pionero (*pioneer*), estrategia defensiva o de seguidor temprano (*early follower*) y estrategia imitativa o de entrante tardío (*late entrant*). Las características de las empresas que siguen estas estrategias son similares a las que siguen las estrategias de liderazgo, defensiva e imitativa de Freeman, respectivamente. La segunda es la propuesta que surge del trabajo de Kim y Mauborgne (2005), quienes definen dos formas de estrategia: la de Océano Azul y la de Océano Rojo. La propuesta fundamental de estos autores es que las organizaciones deben crear nuevas demandas en un espacio de mercado sin competencia (un Océano Azul), en vez de competir de frente con otros proveedores en un mercado existente (un Océano Rojo).

El ciclo de gestión estratégica de la innovación

La competitividad a nivel de empresa se basa en competencias específicas que establecen diferencias entre firmas concurrentes en un mismo mercado con productos similares (Dodgson, 1991a). El objetivo final de una estrategia puede asimilarse a una posición sólida y duradera de ventaja relativa respecto a la competencia, desde donde se está en capacidad de acometer en forma privilegiada el conjunto de acciones que desarrollan la misión de la empresa. No es, por tanto, una posición fácil de lograr, pero en ella se está jugando el éxito duradero del negocio. Normalmente, las posiciones estratégicas se consiguen en el largo plazo y luego de un esfuerzo deliberado que exige inversión, concentración y flexibilidad para cambiar cuando las circunstancias lo exijan.

Así, una vez identificada la posición a alcanzar, la estrategia debe señalar la mejor dirección a seguir, concentrar el esfuerzo y los recursos, y proveer consistencia en las decisiones tomadas en el corto y el largo plazo. Además, y aunque parezca contradictorio, una buena estrategia deberá asegurar la suficiente flexibilidad organizacional para que la empresa esté en condiciones de cambiar rápidamente cuando la evolución del ambiente de negocios así lo demande. El papel de la estrategia es, entonces, delicado: proveer un balance entre la determinación en la búsqueda de un objetivo y la habilidad para cambiar de dirección cuando se requiera (Pearson, 1990).

Este es el reto que asume la gestión estratégica de la innovación; esta gestión, como es usual con las distintas formas de gestión en el ámbito empresarial, puede entenderse como un ciclo PHVA que toma la forma de la figura 17. A continuación se describirá cada etapa del ciclo.

Formulación de la estrategia de innovación: objetivos, acciones y planes estratégicos

La formulación de la estrategia es fundamentalmente un proceso de toma de decisiones que se apoya en el análisis estratégico y define *qué* situación desea alcanzar la empresa en el futuro (objetivos estratégicos) y *cómo* logrará esos objetivos (acciones estratégicas). El análisis estratégico aporta a la toma de decisiones estratégicas un contexto de reflexión sobre el pasado (¿qué ha pasado antes?), el presente (¿qué está pasando ahora? ¿qué puedo hacer ahora?) y el futuro (¿qué puede pasar en el futuro?), tanto del ambiente de negocios como de la organización misma. Como resultado de la formulación

de la estrategia se obtienen los planes estratégicos, que definen en detalle lo que se debe hacer, quiénes deben hacerlo, cómo, cuándo, con qué recursos, cuáles son los resultados esperados, cómo se informarán los avances y cómo se evaluará el desempeño (figura 18)

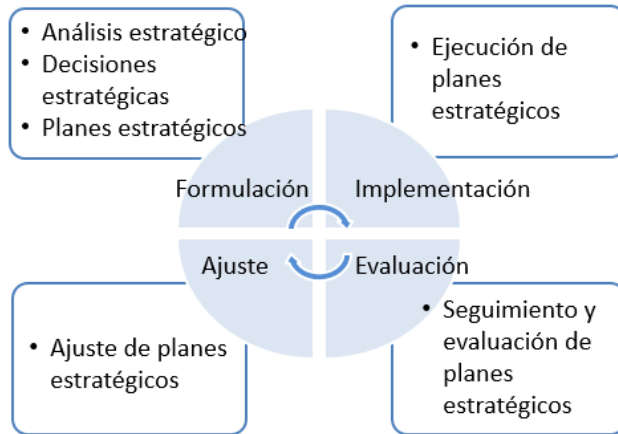


Figura 17. Ciclo de gestión estratégica de la innovación

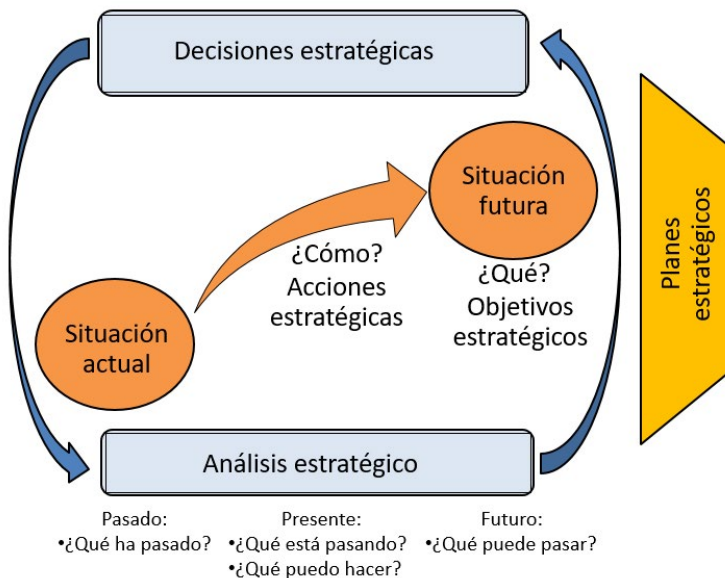


Figura 18. Formulación de la estrategia

Uno de los hitos en la formulación de la estrategia es la definición de los objetivos estratégicos. Debido a que estos objetivos definen el estado futuro que la empresa quiere alcanzar, son **una decisión estratégica** clave que

compromete su futuro. En la perspectiva de la innovación, estos objetivos no pueden señalar un estado diferente al que ha decidido la empresa para su estrategia corporativa y de negocios. En este sentido, los objetivos estratégicos de innovación deben contribuir al logro de los objetivos corporativos y de negocios; cuando esto ocurre, se dice que hay ‘alineación estratégica’, es decir, la estrategia de innovación, al igual que otras estrategias funcionales, apuntan en la misma dirección que las corporativas y de negocios.

Una forma práctica de definir los objetivos estratégicos de innovación es, entonces, partir de reconocer el modelo y la estrategia de negocios a los cuales la innovación debe contribuir, para luego identificar las exigencias que estos plantean en la perspectiva de la innovación. Estas exigencias, en forma de objetivos, constituyen los objetivos estratégicos de innovación. La tabla 10 ilustra en forma esquemática la formulación de objetivos estratégicos de innovación a partir de los objetivos estratégicos de negocio. La figura 19 presenta las áreas y los objetivos estratégicos de innovación en forma de mapa de ruta (*roadmap*), una aproximación metodológica útil para apoyar la formulación, comunicación e implementación de las estrategias de negocio e innovación (Phaal, Farrukh & Probert, 2004). Como se ve en ambos casos, es conveniente agrupar los objetivos, aunque no necesariamente la misma clasificación debe aplicar para los objetivos de negocio y los de innovación (en la tabla 10 se agrupan por dimensiones del *Balanced Scorecard*, pero en la figura 19 se agrupan por dimensiones típicas de *Roadmapping*). La agrupación de objetivos es conveniente para facilitar la visualización y el análisis.

Por otra parte, en la definición de objetivos estratégicos hay que tener en cuenta la estratificación jerárquica de las organizaciones: un grupo empresarial está conformado por varias empresas, cada empresa puede tener varios negocios y estos estar organizados por funciones o divisiones. Para cualquier diseño organizacional, es necesario garantizar la alineación de las estrategias en todos los niveles. En el nivel superior están los objetivos últimos a cuyo logro deben contribuir todos los demás; en algunos casos se utiliza el término MEGA (Meta Grande y Ambiciosa) para designar los objetivos de este nivel. Usualmente, una MEGA corporativa o de grupo empresarial da lugar a las respectivas MEGA por Unidad Estratégica de Negocio (UEN). En el cuadro 7 se presenta la MEGA que definió EPM a nivel grupal y para cada UEN en 2009. Finalmente, en el último nivel de jerarquía están los objetivos específicos, o metas, que marcan el camino para el logro de los objetivos de nivel superior inmediato.

Cuadro 7. MEGA del Grupo Empresarial EPM en 2009

MEGA Grupo Empresarial EPM: “En el año 2015 el Grupo Empresarial EPM será una corporación con ingresos por ventas equivalentes a 5.000 millones de dólares, de los cuales el 60 por ciento se originará en Colombia y el 40 por ciento por fuera del país”
MEGA de los negocios de Energía, Agua y Telecomunicaciones: Contribuir con 3.000, 500 y 1.500 millones de dólares a la MEGA del Grupo Empresarial, respectivamente.

Fuente: Arias (2009).

Tabla 10. De la estrategia de negocios a los objetivos estratégicos de innovación

	Objetivos estratégicos de innovación					
	Fase i (corto plazo)		Fase ii (mediano plazo)		Fase iii (largo plazo)	
Perspectiva	Objetivo de negocio	Objetivo estratégico de innovación	Objetivo de negocio	Objetivo estratégico de innovación	Objetivo de negocio	Objetivo estratégico de innovación
Finanzas	Objetivo negocio F-I	Objetivo estratégico de innovación F-I	Objetivo negocio F-II	Objetivo estratégico de innovación F-II	Objetivo negocio F-III	Objetivo estratégico de innovación F-III
Cliente	Objetivo negocio C3-I	Objetivo estratégico innovación C3-I				
	Objetivo negocio C2-I	Objetivo estratégico innovación C2-I	Objetivo negocio C2-I	Objetivo estratégico innovación C2-I	Objetivo negocio C1-III	Objetivo estratégico innovación C2-III
	Objetivo negocio C1-I	Objetivo estratégico innovación C1-I	Objetivo negocio C1-I	Objetivo estratégico innovación C1-I		Objetivo estratégico innovación C1-III
Procesos internos	Objetivo negocio PI3-I	Objetivo estratégico innovación PI3-I	Objetivo negocio PI2-II	Objetivo estratégico innovación PI3-II		
	Objetivo negocio PI2-I	Objetivo estratégico innovación PI2-I		Objetivo estratégico innovación PI2-II	Objetivo negocio PI2-III	Objetivo estratégico innovación PI2-III
	Objetivo negocio PI1-I	Objetivo estratégico innovación PI1-I	Objetivo negocio PI1-II	Objetivo estratégico innovación PI1-II	Objetivo negocio PI1-III	Objetivo estratégico innovación PI1-III

Aprendizaje y crecimiento	Objetivo negocio AC2-I	Objetivo estratégico innovación AC2-I	Objetivo negocio AC2-II	Objetivo estratégico innovación AC2-II	Objetivo negocio AC2-III	Objetivo estratégico innovación AC2-III
	Objetivo negocio AC1-I	Objetivo estratégico innovación AC1-I	Objetivo negocio AC1-II	Objetivo estratégico innovación AC1-II	Objetivo negocio AC1-III	Objetivo estratégico innovación AC1-III

Además de los objetivos estratégicos, es necesario definir las acciones que conducirán al logro de tales objetivos. En la estrategia de innovación, una parte considerable de tales acciones se expresa en términos de proyectos de I+D+i; otras acciones pueden expresarse como actividades de capacitación, adquisición de otras empresas, cambios en la estructura organizacional, etc.

La formulación de la estrategia concluye con la elaboración de planes estratégicos. Una forma práctica de llevar a cabo la elaboración de estos planes es integrando acciones que agreguen sinergia al plan y faciliten su implementación, seguimiento, evaluación y control. De esta forma pueden resultar varios planes estratégicos que contribuyan al logro de los objetivos de innovación, entre ellos:

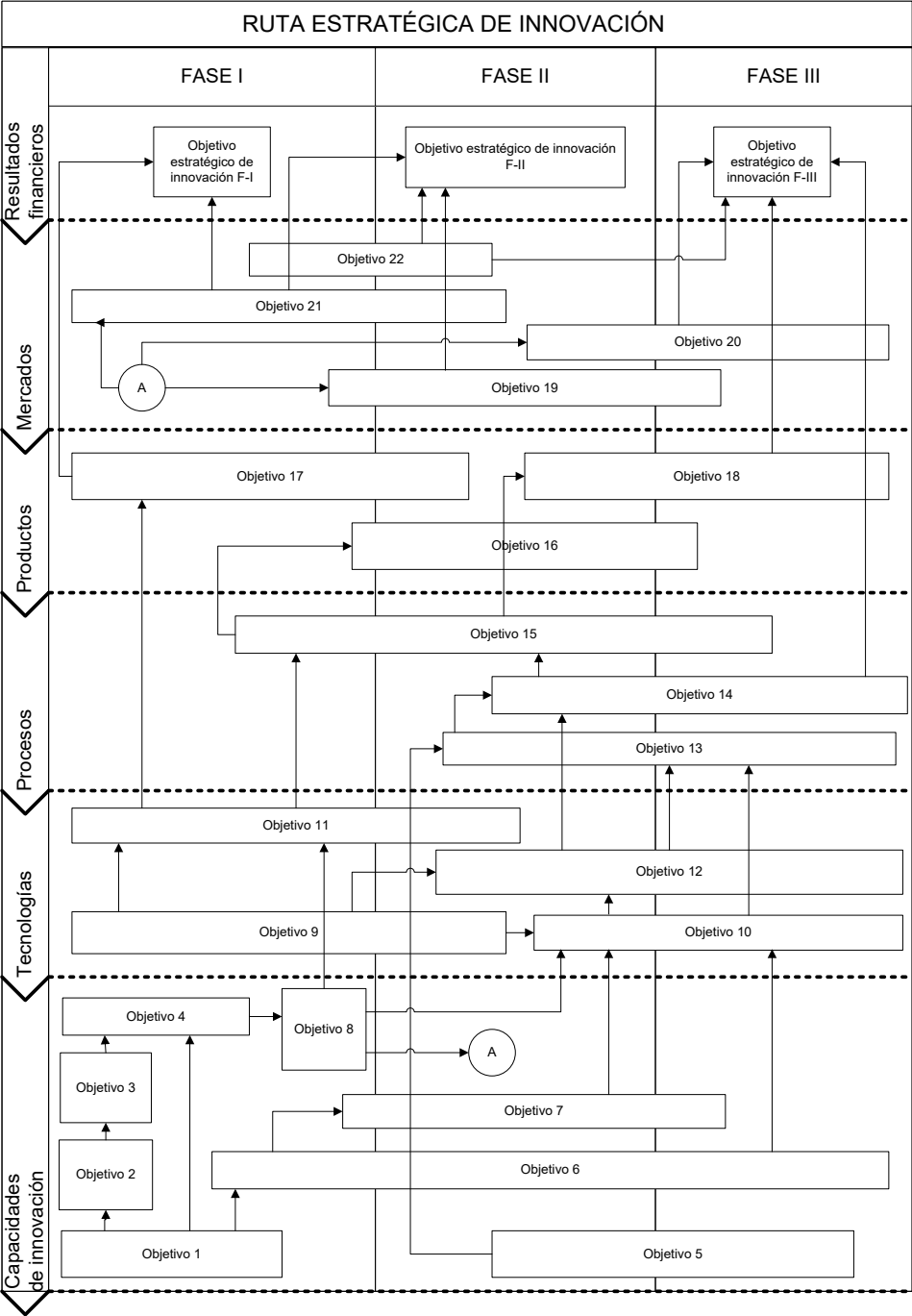


Figura 19. Mapa de ruta estratégica de innovación

- Portafolio de proyectos de I+D+i: este portafolio puede considerarse como un plan estratégico de innovación. Sin embargo, difiere de los planes estratégicos usuales en que la definición de las acciones estratégicas suele seguir una ruta abajo-arriba (*bottom-up*), a diferencia de la acostumbrada ruta arriba-abajo (*top-down*) de los planes estratégicos. La alineación estratégica se asegura mediante criterios de evaluación, selección y priorización que se aplican a los proyectos en los distintos puntos de control de su ciclo de vida.
- Plan estratégico de tecnología: este plan identifica y caracteriza las tecnologías de interés de la empresa y define las acciones a seguir para el logro de los objetivos estratégicos de innovación. Con frecuencia, estas acciones se expresan también en forma de proyectos de I+D+i que entran a formar parte del portafolio de proyectos de I+D+i. Otras acciones pueden tomar la forma de actividades de capacitación y entrenamiento, protección de los desarrollos mediante modalidades de protección de la **propiedad intelectual**, explotación de la **propiedad intelectual** mediante venta o licenciamiento, compra de tecnología o adquisición de licencias, etc.
- Plan de fortalecimiento de las capacidades de innovación: para el logro de los objetivos de innovación puede ser necesario llevar a cabo acciones de fortalecimiento de las capacidades de innovación; algunas de estas acciones, como en otros planes estratégicos, pueden tomar la forma de proyectos de I+D+i (por ejemplo, el desarrollo e implementación de una técnica de gestión de ideas) e integrar el portafolio de proyectos de I+D+i. Otras acciones pueden estar relacionadas con el rediseño de estructuras y procesos para la innovación, el fortalecimiento de la infraestructura de I+D, el establecimiento de alianzas con universidades y centros de investigación, etc.
- Plan de vinculación y capacitación de personal: el talento humano es fundamental para el logro de los objetivos de innovación, por lo que con frecuencia la planeación estratégica da lugar a planes de vinculación de nuevo personal o la capacitación del personal existente.

Formulación de la estrategia de innovación: análisis estratégico

El análisis estratégico se puede entender como el proceso de realización de investigaciones sobre el entorno empresarial en el que opera una organización y sobre la organización misma, para formular una estrategia (BNET

Business Dictionary, citado por the Chartered Institute of Management Accountants, 2007). Como todo proceso de toma de decisiones, la formulación de la estrategia de innovación requiere una buena dosis de información y análisis que asegure decisiones acertadas. A este propósito contribuyen las técnicas de análisis estratégico que se han desarrollado para ser aplicadas en el ámbito empresarial. Con frecuencia, sin embargo, las decisiones han de tomarse sin toda la información necesaria, ya sea porque es imposible su obtención, o porque acceder a ella sería demasiado costoso en términos financieros o de oportunidad. En este sentido, las decisiones estratégicas de innovación conllevan una buena dosis de incertidumbre.

El análisis estratégico tiene como fin acompañar la toma de decisiones estratégicas mediante la provisión de información y conocimiento relevantes a los temas en consideración. En la gestión estratégica de la innovación, con frecuencia se recurre a técnicas de prospectiva para analizar escenarios futuros; técnicas de inteligencia competitiva y vigilancia tecnológica para apoyar la identificación, consecución y uso de información estratégica; técnicas de referenciación competitiva (*Benchmarking*) para evaluar comparativamente la posición de la empresa; y técnicas que apoyan el análisis estratégico como el método SWOT (del inglés *Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*), el método PEST (del inglés *Political, Economic, Social, and Technological Factors*); el Diamante y las Cinco Fuerzas de Porter; los Factores Críticos de Éxito (*Critical Success Factors*), el análisis de los valores organizacionales (*Value Analysis*), el análisis de las competencias nucleares (*Core Competences Analysis*), los mapas de ruta tecnológicos (*Roadmapping*) y la simulación¹³. La figura 20 ilustra un ejemplo de aplicación del método de los Factores Críticos de Éxito.

¹³ Algunas de estas técnicas se presentan en el capítulo 10, 'Herramientas para la gestión de la innovación'.

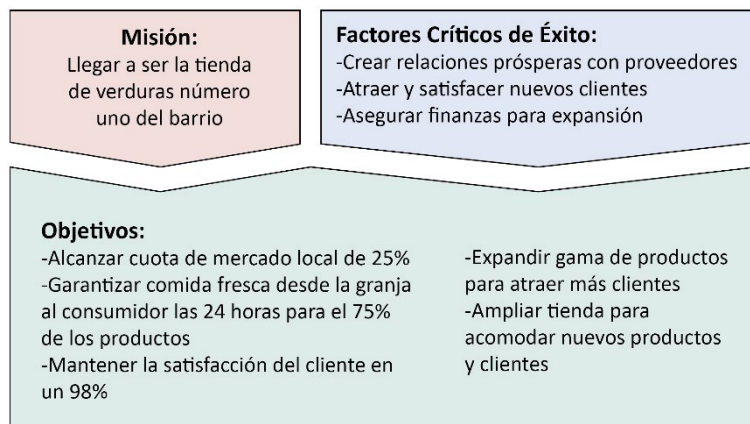


Figura 20. Ejemplo de aplicación del método Factores Críticos de Éxito a la empresa Farm Fresh Produce

Fuente: elaboración del autor con base en Mind Tools (2013).

Formulación de la estrategia: decisiones estratégicas

El análisis estratégico está relacionado dinámicamente con la toma de decisiones estratégicas, ya sea en la forma del planteamiento de los objetivos estratégicos (¿qué?) o de la identificación de las acciones estratégicas que conducirán al logro dichos objetivos (¿cómo?). ¿Qué es primero, el análisis estratégico o las decisiones estratégicas? Los textos de estrategia parecen no ponerse de acuerdo, quizás porque tienden a presentar el proceso estratégico de manera lineal, presentación que no contribuye a hacer visible el carácter interdependiente de ambos. En la realidad empresarial, el análisis estratégico y las decisiones estratégicas coexisten y se relacionan dinámicamente, como ilustra la figura 18. En esta interacción, los análisis se extienden y profundizan y las decisiones se corrigen y refinan. Lo importante es que emerjan las decisiones estratégicas en un ambiente de análisis y reflexión.

¿Cuáles son las decisiones estratégicas? El *Manual de Oslo* plantea las siguientes decisiones como estratégicas en la perspectiva de la innovación empresarial (OECD/Eurostat, 2018, pp. 106-107):

- Competencia en precio o calidad
- Liderazgo o seguimiento en el mercado
- Aproximación al riesgo –alto vs alto–
- Grado de apertura a la colaboración

- Transformación del modelo de negocios –novedad vs mejoramiento continuo–
- Foco de mercado –mercado único vs múltiples mercados simultáneos–

Esencialmente, se trata de dar respuesta a las dos preguntas planteadas arriba: *¿qué* situación desea alcanzar la empresa en el futuro? (objetivos estratégicos) y *¿cómo* avanzar acertadamente hacia ese futuro? (acciones estratégicas). En las respuestas a ambas preguntas, la empresa se juega su futuro: si no identifica correctamente hacia dónde ir, podrá llegar al lugar equivocado luego de mucho tiempo y esfuerzos invertidos; y si no emprende las acciones requeridas para llegar, terminará no llegando o llegando tarde. Este es uno de los rasgos de las decisiones estratégicas, que las diferencian de otras decisiones: “la decisión estratégica es bien aquella que crea una irreversibilidad para el conjunto de la organización, bien aquella que anticipa una evolución de su entorno susceptible de provocar tal irreversibilidad” (Lesourne, 1994, citado por Godet y Durance, 2007, p. 10).

Sin embargo, no es necesario buscar directa y exclusivamente las decisiones de tal tipo para poder hacer gestión estratégica; siempre que una organización tome decisiones sobre su futuro, llegará el momento en que encare decisiones estratégicas. Según Godet y Durance (2007), esta actitud se impone para no limitar el análisis y la toma de decisiones estratégicas a unas fronteras que en la práctica son difíciles de materializar. Como lo expresa el mismo Lesourne, “[son] raras la veces que se toman grandes decisiones. De cualquier modo, las grandes decisiones se vuelven menos improbables a medida que se van tomando pequeñas decisiones” (Lesourne, 1982, citado por Godet y Durance, 2007, p. 10).

Para la toma de decisiones, los campos de opción estratégica que se abren para la empresa dependen del nivel jerárquico del decisor. Así, teniendo como referencia el caso más general de un grupo empresarial con varias Unidades Estratégicas de Negocio (UEN), es posible identificar las opciones estratégicas que se presentan en el cuadro 8.

Según Coombs y Richards (1991), existen cuatro tipos de decisiones estratégicas abiertos para la empresa en relación con la innovación, que se pueden interpretar de la siguiente manera:

- Asignación del presupuesto anual total (gasto e inversión) para proyectos de I+D+i. Esta cifra, usualmente expresada en términos relativos a las

ventas anuales, revela el real compromiso de la empresa con la innovación.

- Distribución del presupuesto entre unidades de negocio o entre objetivos estratégicos de cada unidad. Este campo de decisión estratégica se abre en consideración a que distintas unidades de negocio u objetivos estratégicos pueden tener distintos niveles de importancia para el desarrollo futuro de la empresa.
- Distribución del presupuesto entre proyectos de implementación de la innovación en el largo plazo y proyectos de corto plazo. Esta distribución define el grado en que la empresa se enfoca a proyectos de explotación de sus capacidades actuales en el corto plazo, versus proyectos que buscan ampliar las oportunidades de negocio futuras a partir de la construcción de nuevas capacidades.
- Distribución del presupuesto entre distintas tecnologías o líneas de producto, lo cual revela la naturaleza estratégica de las opciones a este nivel.

Cuadro 8. Tipo de decisiones estratégicas según el nivel jerárquico organizacional

A nivel de gerencia de grupo empresarial
Decisiones del máximo nivel en materia de innovación, en particular: intenciones de estrategia de innovación para las empresas del Grupo; definición de métricas de innovación -objetivos, indicadores y metas- para las empresas; coordinación entre empresas; aprobación de grandes inversiones; e inclusión de la dimensión de la innovación en la macroestructura del Grupo. Se articula con otros procesos de definición, implementación y evaluación de políticas y estrategias empresariales de nivel gerencial del Grupo Empresarial, buscando la congruencia organizacional en estas dimensiones.
A nivel de gerencia de empresa
Decisiones de la empresa en materia de innovación, en particular: coordinación entre UEN; adquisiciones, fusiones y <i>joint ventures</i> tecnológicos; métricas de innovación para las UEN; presupuesto de inversiones de I+D+i; políticas de selección y desarrollo del talento humano (incluyendo criterios de evaluación de desempeño en materia de innovación); y estructura para la innovación. Se articula con otros procesos de definición, implementación y evaluación de políticas y estrategias a nivel de gerencia, buscando la congruencia organizacional en estas dimensiones.
A nivel de UEN
Decisiones de la UEN en materia de innovación, en particular: tecnologías críticas para la propuesta de valor; portafolio de proyectos de I+D+i; socios tecnológicos; política de protección y explotación de la propiedad intelectual; métricas de innovación; y estructura para la innovación. Se articula con otros procesos de definición, implementación y evaluación de políticas y estrategias de la UEN, buscando la congruencia organizacional en estas dimensiones.

Como se puede observar, en materia de innovación, las decisiones estratégicas están ligadas en gran medida a la conformación del portafolio de proyectos de I+D+i. En este sentido, el portafolio puede considerarse la expresión central de las opciones estratégicas de la empresa y concreta su estrategia de innovación. La visualización y análisis de estas opciones se facilita mediante técnicas de gestión de portafolios, entre las cuales las más populares toman la forma de matrices estratégicas y diagramas de burbujas¹⁴. El uso de estas técnicas exige, usualmente, identificar dimensiones de análisis y aplicar taxonomías a los objetos de análisis, entre las cuales el cuadro 9 muestra algunas opciones.

Cuadro 9. Objetos de análisis, dimensiones de análisis y taxonomías

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Tecnología	Importancia estratégica	Whelan (1979)
Categorías taxonómicas Tecnología crítica: aquella que es central para la posición competitiva de la empresa, que es propietaria hasta cierto grado y que la diferencia de la competencia. Tecnología habilitadora: aquella que no es propietaria en el mismo grado, está ampliamente disponible a todos los agentes industriales, pero es esencial para un eficiente diseño, manufactura y entrega de los productos al nivel de calidad establecido por la empresa. Tecnología estratégica: aquella que puede estar emergiendo o que ya existe, cuya prominencia surge de la habilidad para proveer nuevas oportunidades competitivas cuando se combina con o sustituye tecnologías críticas o habilitadoras.		

¹⁴ Algunas de estas técnicas se presentan en el capítulo 10, 'Herramientas para la gestión de la innovación'.

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Tecnología	Madurez	Fenn y Linden (2007), con base en Gartner Group.
Categorías taxonómicas Embriónica (<i>embryonic</i>): en laboratorios; no se comercializa todavía. Emergente (<i>emergent</i>): primera generación de productos en proceso de introducción al mercado por los líderes tecnológicos; adquirida por los innovadores y los adoptadores tempranos. Adolescente (<i>adolescent</i>): en proceso de maduración; segunda generación de productos; se amplía el mercado más allá de los adoptadores tempranos. Madura temprana (<i>early mainstream</i>): tecnología probada, mercado en rápido crecimiento, tercera generación de productos. Madura (<i>mature mainstream</i>): tecnología robusta, disminuye la evolución de la tecnología, hay varios proveedores dominantes. Heredada (<i>legacy</i>): no apropiada para nuevos desarrollos; los costos de cambio inhiben su reemplazo. Obsoleta (<i>obsolete</i>): poco usada; ha sido reemplazada por nueva tecnología. Solamente se comercializa en mercados de segunda mano o reventa.		

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Tecnología	Novedad para la empresa	
Categorías taxonómicas Tecnología conocida: el conocimiento y experiencia que tiene la empresa en la tecnología le ha permitido acumular capacidades que puede utilizar en provecho de nuevos proyectos de innovación. Tecnología nueva: la empresa debe acumular capacidades en esta tecnología antes de explotar las oportunidades que abre.		

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Tecnología	Riesgo de implementación	
Categorías taxonómicas Alto riesgo técnico: la confluencia desfavorable de ciertas categorías de análisis de la tecnología (tecnología emergente, cambio radical, novedad para la empresa) hace que la probabilidad de no implementar exitosamente la innovación sea alta. Bajo riesgo técnico: la confluencia favorable de ciertas categorías de análisis de la tecnología (tecnología madura, cambio incremental, conocimiento y experiencia previa de la empresa) hace que la probabilidad de no implementar exitosamente la innovación sea baja. Medio riesgo técnico: cuando las categorías de análisis mencionadas arriba confluyen de una manera intermedia entre los escenarios de alto riesgo y bajo riesgo técnico.		

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Mercado	Madurez	Hax y Majluf (1996), con base en Arthur D. Little Inc.
Categorías taxonómicas Embriónico (<i>embryonic</i>): mercado nuevo, con alta rata de crecimiento, pero todavía con un tamaño muy pequeño. El potencial del mercado es todavía difícil de determinar. Entrar puede ser fácil, pero es difícil de apreciar. Creciente (<i>growing</i>): el mercado crece a una rata mayor que la del PIB, pero a nivel constante o desacelerando. Las líneas de producto proliferan, pero se distinguen las empresas dominantes. Sin embargo, la entrada al mercado sigue siendo fácil, debido a su tamaño y crecimiento. Maduro (<i>mature</i>): mercado con tasas de crecimiento iguales o menores que la del PIB, con un comportamiento cíclico. Comienza a mostrar signos de saturación. La entrada es difícil, pues los principales competidores están atrincherados y el crecimiento es lento. En declive (<i>aging</i>): mercado de tamaño cíclico, pero decreciendo en el largo plazo, y completamente saturado. No presenta incentivos para entrar.		
Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Mercado	Competencia	
Categorías taxonómicas Mercado de alta competencia: aquel que tiene competidores fuertes y atrincherados, de tamaño estable, cíclico o en decrecimiento, con consumidores satisfechos con la oferta existente y para los que la empresa no tiene una oferta de valor innovadora. Mercado de baja competencia: aquel de alta tasa y potencial de crecimiento, donde todavía no hay competidores fuertes establecidos y la oferta de valor de la empresa puede ser atractiva para los consumidores.		

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Mercado	Novedad para la empresa	
Categorías taxonómicas Mercado conocido: aquel que la empresa conoce y en el que tiene experiencia de comercialización de productos, por lo que ha acumulado capacidades de mercadotecnia y comercialización. Mercado nuevo: aquel que la empresa no conoce y cuya entrada exige acumulación de nuevas capacidades de mercadotecnia y comercialización.		

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Mercado	Riesgo	
Categorías taxonómicas Alto riesgo comercial: la confluencia desfavorable de ciertas categorías de análisis del mercado (mercado en declive, alta competencia, novedad para la empresa) hace que la probabilidad de no posicionar exitosamente la innovación en el mercado sea alta. Bajo riesgo comercial: la confluencia favorable de ciertas categorías de análisis del mercado (mercado en crecimiento, baja competencia, conocimiento y experiencia previa de la empresa) hace que la probabilidad de no posicionar exitosamente la innovación en el mercado sea baja. Medio riesgo comercial: cuando las categorías de análisis del mercado mencionadas arriba confluyen de una manera intermedia entre los escenarios de alto riesgo y bajo riesgo comercial.		

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Beneficio / costo	Tiempo hasta la implementación	
Categorías taxonómicas Corto plazo: el tiempo transcurrido desde el comienzo de las inversiones en la innovación hasta su implementación es corto para los estándares de la empresa. Largo plazo: el tiempo transcurrido desde el comienzo de las inversiones en la innovación hasta su implementación es largo para los estándares de la empresa. NOTA: Debido a que el tiempo hasta la implementación de la innovación se puede cuantificar, la escala de categorías puede ampliarse y ajustarse a las especificidades de la empresa para refinar las posibilidades de análisis. La definición de corto / largo plazo puede depender no solo del tiempo, sino también de la magnitud de la inversión y del pronóstico de ventas y rentabilidad de la innovación.		

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Beneficio / costo	Beneficio económico	
Categorías taxonómicas Alto beneficio económico: el beneficio económico de la innovación es alto para los estándares de la empresa. Bajo beneficio económico: el beneficio económico de la innovación es bajo para los estándares de la empresa. NOTA. Debido a que el beneficio económico de un proyecto se puede cuantificar (por ejemplo, mediante indicadores como el valor presente neto), la escala de categorías puede ampliarse y ajustarse a las especificidades de la empresa para refinar las posibilidades de análisis.		

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Impacto ambiental	Tipo y nivel de impacto	Unctad (2008)
Categorías taxonómicas: tipo de impacto Agua: consumo de agua por valor añadido neto. Calentamiento: contribución al calentamiento mundial por unidad de valor añadido neto. Energía: necesidades de energía por unidad de valor añadido neto. Capa de ozono: dependencia de sustancias que agotan el ozono por unidad de valor añadido neto. Desechos: desechos generados por unidad de valor añadido neto. Categorías taxonómicas: nivel del impacto Muy positivos: el proyecto contribuye a mejorar significativamente algunos de los indicadores de impacto ambiental. Positivos: el proyecto contribuye a mejorar levemente algún indicador de impacto ambiental. Neutros: el proyecto no hace contribuciones a mejorar los indicadores de impacto ambiental, pero tampoco los agrava. Negativos: el proyecto tiene un efecto negativo leve sobre alguno de los indicadores de impacto ambiental. Muy negativos: el proyecto deteriora significativamente uno o varios de los indicadores de impacto ambiental. NOTA. Debido a que las anteriores categorías de análisis se puede cuantificar mediante el uso de indicadores normalizados internacionalmente (Unctad, 2008), el nivel del impacto se puede establecer como una escala susceptible de ajustarse a las especificidades de la empresa para refinar las posibilidades de análisis.		

Objeto de análisis	Dimensión de análisis	Referencia
Impacto social	Tipo y nivel de impacto	Rolando de Serra, Ulla y Roca (2010)
Categorías taxonómicas: tipo de impacto Valores, transparencia y gobierno corporativo: compromisos éticos, arraigo en la cultura organizativa, gobierno corporativo, relaciones con la competencia, diálogo e involucramiento de los grupos de interés, balance social. Público interno: diálogo y participación con sindicatos y asociaciones de empleados, respeto al individuo, promoción de la equidad racial, trabajo decente. Proveedores: criterios de selección y evaluación de proveedores, trabajo infantil en la cadena productiva, trabajo forzado en la cadena productiva, apoyo al desarrollo de proveedores. Consumidores y clientes: política de comunicación comercial, excelencia en la atención, conocimiento y gerenciamiento de los daños potenciales de productos y servicios. Comunidad: gerenciamiento del impacto de la empresa en la comunidad de entorno, relaciones con organizaciones locales, financiamiento de la acción social, involucramiento con la acción social. Gobierno y sociedad: contribuciones a campañas políticas, construcción de ciudadanía, prácticas anticorrupción, liderazgo e influencia social, participación en proyectos sociales gubernamentales. Categorías taxonómicas: nivel del impacto Muy positivos: el proyecto contribuye a mejorar significativamente algunos de los indicadores de impacto social. Positivos: el proyecto contribuye a mejorar levemente algún indicador de impacto social. Neutros: el proyecto no hace contribuciones a mejorar los indicadores de impacto social, pero tampoco los agrava. Negativos: el proyecto tiene un efecto negativo leve sobre alguno de los indicadores de impacto social. Muy negativos: el proyecto deteriora significativamente uno o varios de los indicadores de impacto ambiental. NOTA. Debido a que las anteriores categorías de análisis se puede cuantificar mediante el uso de indicadores normalizados internacionalmente (Rolando de Serra, Ulla & Roca, 2010), el nivel del impacto se puede establecer como una escala susceptible de ajustarse a las especificidades de la empresa para refinar las posibilidades de análisis.		

Implementación de la estrategia de innovación

Esta etapa de la gestión estratégica de la innovación se lleva a cabo mediante la implementación de los planes estratégicos. Sin embargo, es importante insistir en que las decisiones concernientes a las acciones estratégicas que definen el camino para el logro de los objetivos estratégicos de innovación, se expresan en gran medida a través del portafolio de proyectos de I+D+i. En este sentido, el universo de posibles proyectos de I+D+i constituye el conjunto de opciones estratégicas que enfrenta una empresa,

y la evaluación, selección y ejecución de los proyectos de I+D+i constituye la forma por excelencia en que la estrategia de innovación se implementa.

Evaluación y ajuste de la estrategia de innovación

Como en todo ciclo de gestión, la gestión estratégica de la innovación se cierra con la evaluación y el ajuste de la estrategia. La evaluación tiene como fin verificar el avance en el logro de los objetivos estratégicos de innovación y los resultados parciales y finales alcanzados a través de los planes estratégicos, para dar paso a la introducción de los ajustes y correctivos que sean necesarios en la estrategia y su implementación. Igualmente, es importante entender qué factores contribuyen positiva o negativamente al logro de los objetivos y al alcance de los resultados, para tomar decisiones correctas sobre la confirmación o replanteamiento de la estrategia formulada o su implementación.

Esta evaluación y la consiguiente eventual corrección de la estrategia son importantes porque la situación de la empresa puede derivar por efecto de factores externos fuera de su control, de manera que sea necesario reformular los objetivos estratégicos o cambiar la forma de alcanzarlos. En este sentido, la gestión estratégica es un ejercicio de fijación de rumbo y definición de ruta, con verificaciones periódicas de la posición alcanzada para decidir una eventual redefinición de rumbo y ruta, en el que es vital un buen balance entre persistencia para poder avanzar y cambio para ajustarse a la evolución de los acontecimientos.

En este escenario, la evaluación de la estrategia de innovación debe concentrarse, fundamentalmente, en la evaluación de los resultados alcanzados y, como factores internos de éxito y fracaso, en la evaluación de las capacidades de innovación. El ejercicio evaluativo debe completarse con un análisis de congruencia entre la estrategia de innovación, las capacidades de innovación y los resultados, que revele posibles desajustes entre la estrategia y las capacidades, contribuyendo así a explicar los resultados alcanzados.

La Perspectiva de los Recursos y Capacidades

Una aproximación a la estrategia empresarial que otorga fundamentos conceptuales y teóricos al proceso de gestión estratégica descrito anteriormente, es la que se conoce como la Perspectiva de la Empresa Basada en los Recursos (*Resource-based View of the Firm*) (Wernerfelt, 1984; Barney, 1991).

Esta propuesta ha sido enriquecida posteriormente con consideraciones teóricas sobre las capacidades organizacionales, siendo la más conocida la teoría de las capacidades dinámicas (Teece, Pisano & Shuen, 1997).

Desde la Perspectiva de los Recursos y Capacidades, los recursos son ‘entradas al proceso de producción’, (Grant, 1991, citado por Hafeez, Zhang y Malak, 2002, p. 40); estas ‘entradas’ incluyen todo tipo de activos, tangibles e intangibles, tanto físicos (bodegas, maquinaria, materia prima, etc.), como intelectuales (reputación de marca, patentes, registros, etc.) y culturales (ética de trabajo, ambiente laboral, etc.). Esta perspectiva nos ayuda a entender la relación entre recursos, capacidades organizacionales, capacidades distintivas (o competencias nucleares) y aprendizaje organizacional, conceptos fundamentales para cimentar los planteamientos sobre estrategia empresarial que se derivan de ella.

Según Hafeez, Zhang y Malak (2002, p. 40), las capacidades organizacionales son la habilidad de hacer uso de los recursos para realizar alguna tarea o actividad. En la perspectiva de Renard y Saint-Amant (2003), las capacidades organizacionales son:

...la habilidad o aptitud de la organización para llevar a cabo sus actividades productivas de una manera eficiente y efectiva a través del despliegue, la combinación y la coordinación de recursos y competencias, por medio de varios procesos de creación de valor, según los objetivos previamente definidos; es decir, asumiendo que el resultado es consistente con la intención original o con los cambios en esa intención. (Renard & Saint-Amant, 2003, p. 8, traducción del autor)

En este sentido, las rutinas o conjuntos de actividades organizacionales que contribuyen a la creación de valor, son capacidades. De hecho, según Winter (2000, p. 983), una capacidad organizacional es una rutina de alto nivel (o conjunto de rutinas) que, en el proceso de transformación de insumos (*inputs*), confiere a la administración de una organización un conjunto de opciones de decisión para producir resultados (*outputs*) significativos de un tipo particular. Esto ilustra cómo, si bien los recursos pueden tener existencia propia y, hasta cierto punto, ser transados en los mercados, las capacidades están profundamente arraigadas en las rutinas organizacionales, las prácticas y las actividades de la empresa (Hafeez, Zhang & Malak, 2002). Por otra parte, según estos mismos autores, las competencias nucleares (*core competencies*)

son capacidades que posibilitan a la empresa el despliegue de sus recursos de forma que le generen ventajas competitivas. Barney (1991) sugiere que para que las capacidades se conviertan en competencias nucleares deben ser *valiosas* (es decir, jugar un papel crítico en la competencia por el mercado), *raras* (en el sentido de que no sean comunes) y *difíciles de imitar y sustituir*.

Lo esencial de las capacidades es que constituyen la manera en que las empresas organizan y llevan a cabo sus actividades, lo cual termina siendo altamente específico a cada empresa y difícilmente transable en el mercado (Teece & Pisano, 1994). Es decir, las capacidades deben ser construidas por cada empresa, pues para ellas no existen mercados o estos son altamente imperfectos. En buena medida, entonces, su construcción obedece a decisiones gerenciales y rutinas emergentes que terminan sustentando la posición competitiva de la empresa; es decir, la construcción de ventajas competitivas tiene una dinámica de adentro hacia afuera, en que las decisiones gerenciales son determinantes. En este sentido, esta perspectiva se aleja de los planteamientos porterianos de adquisición de ventajas competitivas mediante el análisis y posicionamiento de la empresa en el sector, en que las características estructurales de la industria son determinantes.

Respecto a las capacidades de innovación, estas constituyen un conjunto particular de capacidades organizacionales. Su definición rigurosa es problemática, debido a la multiplicidad de perspectivas teóricas y conceptuales desde las cuales se las aborda. Burgelman y Maidique (1988), por ejemplo, se refieren a las capacidades de innovación tecnológica, las cuales definen como el conjunto completo de características de una organización que facilita y apoya sus estrategias de innovación (p. 36, citado por Nystrom, 2000, p. 344). Propuestas alternativas de definición se encuentran en Kim (1997), Ernst, Ganiatsos y Mytelka (1998), Burgelman, Maidique y Wheelwright (2004), Guan y Ma (2003), Yam, Guan, Pun & Tang (2004), Sher & Yang (2005) y Wang, Lu & Chen (2009). No obstante, en lo fundamental, es claro que las capacidades de innovación corresponden a un conjunto particular de capacidades organizacionales que contribuyen al logro de los objetivos de innovación de la organización. Estos objetivos, de manera genérica, se pueden establecer como:

- Preparar, evaluar, proyectar, desarrollar y controlar las actividades de inversión, de tal manera que obtenga una alta eficiencia técnica y financiera en los proyectos y mantenga la dirección administrativa y el dominio tecnológico sobre los mismos.

- Interactuar eficazmente con los proveedores de equipo, maquinaria y componentes para que las adquisiciones de la empresa satisfagan sus necesidades actuales y sean compatibles con sus planes de expansión y desarrollo futuro.
- Desarrollar innovaciones incrementales o radicales en el proceso de producción para aumentar la productividad, disminuir o suprimir el impacto ambiental, mejorar la eficiencia energética, introducir nuevas materias primas, cumplir con regulaciones nacionales o internacionales, o cambiar alguno de los factores que aumenten la competitividad de la empresa, le permitan acceder a nuevos mercados o mejorar su imagen ante la sociedad.
- Desarrollar innovaciones incrementales o radicales en los productos para satisfacer mejor las necesidades del mercado, mejorar su funcionalidad y presentación, facilitar su manufactura y mantenimiento, cumplir con normas de calidad y protección del medio ambiente o introducir nuevas materias primas.
- Desarrollar innovaciones organizacionales para asegurar la calidad de los productos, reducir los tiempos muertos y cuellos de botella en la producción, disminuir los inventarios de materias primas, productos en proceso y productos terminados, mejorar y agilizar la interacción y coordinación interna y con los proveedores de materias primas y componentes o aumentar la flexibilidad organizacional para una respuesta ágil a las demandas del mercado, las oportunidades de la tecnología o las iniciativas de los competidores.
- Establecer relaciones eficaces de colaboración con instituciones científicas y tecnológicas, con los proveedores y los clientes y con otras firmas, así como con las instituciones gubernamentales responsables por la promoción de la educación, la ciencia y la tecnología.
- Responder ágilmente a la obsolescencia tecnológica producida por las innovaciones radicales de procesos o productos y aprovechar las ‘ventanas de oportunidad’ creadas por el rápido cambio técnico.

Finalmente, la forma en que la empresa construye capacidades y, por ende, ventajas competitivas, puede definirse como ‘aprendizaje organizacional’. De manera genérica y en la Perspectiva de la Empresa Basada en Recursos, podría afirmarse, entonces, que el objetivo subyacente a toda estrategia empresarial es la acumulación de capacidades a través de procesos

de aprendizaje (figura 21). Dado el foco del presente capítulo en la estrategia de innovación, a continuación se profundizará en el aprendizaje organizacional y las formas específicas que este aprendizaje adquiere en el ámbito de las empresas y que pueden conducir a la construcción de capacidades de innovación.



Figura 21. Desarrollo y acumulación de capacidades organizacionales y ventajas competitivas a través del aprendizaje organizacional

Aprendizaje organizacional

Dodgson (1991a, p. 135) define ‘aprendizaje’ en el contexto de la tecnología y la organización, como las formas en que las empresas construyen y complementan sus ‘bases de conocimiento’ sobre tecnologías, productos y procesos, y desarrollan y mejoran el uso de las habilidades amplias de sus empleados. En esta definición, el término ‘base de conocimiento’ (*knowledge-base*) proviene del trabajo del Grupo PREST de la Universidad de Mánchester (Georghiou, Metcalfe, Gibbons, Ray & Evans, 1986) y hace referencia al conocimiento sobre el cual la organización tiene control (Tiler y Gibbons, 1990, citado por Dodgson, 1991a).

Aceptando que existe una relación directa y estratégicamente significativa entre capacidades de innovación y aprendizaje organizacional, es claro entonces que se deben considerar los procesos de aprendizaje organizacional como un componente fundamental de dicha estrategia. Este punto de vista da lugar a una aproximación particular al problema de la estrategia que se centra en los procesos de aprendizaje empresarial. Su punto de partida es la identificación del aprendizaje como una de las actividades empresariales clave y de mayor contribución a la competitividad, por lo que alcanza un nivel estratégico y demanda inversión y esfuerzos deliberados.

Este cometido a nivel de empresa debe ser complementado por políticas y estrategias coherentes a niveles más agregados de la actividad industrial: la cadena productiva, el sector industrial y el país. En otras palabras, el desarrollo de capacidades organizacionales a través de procesos de aprendizaje, a nivel de empresa, industria y país, es un objetivo que concierne al desarrollo económico de largo plazo.

Esta concepción del desarrollo empresarial y social impulsado por el aprendizaje se apoya en un conjunto amplio y variado de canales de aprendizaje, entre los cuales los más significativos se presentan a continuación.

Canales de aprendizaje

Las investigaciones sobre el aprendizaje empresarial son relativamente recientes, aunque ya desde la década del 50 se sabía que la productividad de un proceso de manufactura aumentaba según un patrón previsible en función de la producción acumulada, lo cual dio lugar a un mayor estudio de este fenómeno particular que terminó denominándose *learning-by-doing*. Desde entonces se han identificado múltiples canales de aprendizaje empresarial, entre los cuales los más relevantes han sido agrupados aquí en las siguientes categorías: 1) experiencia productiva, 2) enganche y entrenamiento de ingenieros, científicos y técnicos calificados, 3) I+D, y 4) colaboración y establecimiento de relaciones interinstitucionales con fines tecnológicos.

Aprendizaje a través de la experiencia productiva

Luego del trabajo de Arrow (1962), las implicaciones de esta forma de aprendizaje (*learning-by-doing*) fueron introducidas frecuentemente en las proyecciones de los costos de producción empresariales, tomando la forma de herramientas específicas de gestión. Una de ellas, popularizada por el Boston Consulting Group, fue la Curva de Experiencia.

No obstante, el modelo de aprendizaje que se difundió a partir de estas prácticas llevó en algunos casos a prescripciones inapropiadas sobre estrategia empresarial y política industrial. A nivel de empresa, este modelo condujo a una confianza exagerada en los beneficios de la experiencia que, como subproducto necesario de la actividad productiva, se suponía automática y gratuita, conduciendo a una actitud pasiva de los dirigentes empresariales. A nivel político indujo al establecimiento de varias formas de protección de la industria nacional, favoreciendo el establecimiento de capacidades productivas y dejando de lado las capacidades tecnológicas.

Con el propósito de identificar hasta qué punto este mecanismo de aprendizaje ha contribuido efectivamente al aumento de las capacidades tecnológicas industriales, Bell (1984) distingue entre el aprendizaje a través de la operación del sistema de producción y el aprendizaje a través de la ejecución de cambios técnicos a este sistema.

El aprendizaje logrado mediante la operación del sistema productivo (*learning-by-operating*) surge de una combinación de actividades operativas, de pequeños cambios operacionales y de realimentación del proceso de operación-cambio, que induce un mayor conocimiento del comportamiento del sistema productivo y que revierte en una mejora en la ejecución de las tareas por parte de obreros, supervisores y directivos. Este proceso parece darse más o menos automáticamente, no requiere una actitud proactiva y ocurre a una rata relacionada con el producto total acumulado. Sin embargo, la magnitud de la mejora lograda a través de este mecanismo tiene un límite que se alcanza con frecuencia muy rápidamente, e incluso en las economías en vía de industrialización es probable que no sea una fuente significativa de mejora en el desempeño productivo a largo plazo (Bell, 1984).

El aprendizaje a través de la ejecución de cambios técnicos al proceso (*learning-by-changing*) resulta de abrir la ‘caja negra’ de una tecnología particular de producción y manipular su contenido con miras a producir mejoras incrementales en el proceso. Esta práctica genera con más probabilidad un conocimiento adicional sobre la tecnología específica utilizada y sobre los principios científicos y tecnológicos más generales que le sirven de base. De esta manera, la empresa ve aumentadas sus capacidades para producir cambios técnicos en el proceso y para aplicar los conocimientos generales obtenidos a situaciones nuevas, a la vez que incrementa la confianza en sus propias capacidades para innovar. Es poco probable que este tipo de aprendizaje se dé como resultado automático de la experiencia operativa; por el contrario, parece depender de una actitud proactiva hacia el cambio técnico y de la presencia simultánea de otros mecanismos que posibilitan el aprendizaje (Bell, 1984). En la actualidad, este tipo de actitud proactiva ha sido institucionalizada a través de los programas de mejoramiento continuo.

Aprendizaje a través del enganche y el entrenamiento de personal

Un canal de aprendizaje que posibilita y hace más eficientes otras formas de desarrollo de las capacidades tecnológicas empresariales es el enganche

y entrenamiento continuo de ingenieros, científicos y personal técnico calificado (*learning-by-hiring* y *learning-by-training*). La importancia de los denominados ‘recursos humanos’ para el desarrollo industrial ha sido reconocida de tiempo atrás, tanto por la clase política como por los dirigentes empresariales. Adicionalmente, los estudiosos del tema no cesan de recalcar la necesidad de disponer de gran número de ingenieros, científicos y técnicos para soportar los procesos de industrialización.

Las consecuencias de este reconocimiento, sin embargo, se han cristalizado solo parcialmente al nivel de las políticas educativas y laborales del gobierno y, en general, del lado oferente de personal capacitado. Las empresas, por su parte, no parecen dar al capital humano el peso que sería de esperar de una apropiada estrategia tecnológica. Tal como lo describió Martin Bell, un estudioso del desarrollo tecnológico industrial de los países en desarrollo:

Mucha de la literatura empírica existente conlleva una impresión generalizada de que tal inversión explícita en el capital humano como uno de los componentes de la capacidad de cambio es frecuentemente inexistente, intermitente y de baja prioridad en la asignación de recursos. (Bell, 1984, p. 204, traducción del autor)

Esta situación parece no haber cambiado mucho desde entonces, hasta el punto en que hoy se ha convertido en un elemento crítico para la industrialización de los países en vía de desarrollo. Es más, se ve como conveniente que el desarrollo del talento humano no sea considerado simplemente en términos del fortalecimiento de la infraestructura institucional exterior a la empresa, sino también en términos de la educación y entrenamiento de gerentes, ingenieros, empleados y obreros en las empresas industriales (Bell, 1991).

Aquí se pone de relieve el papel proactivo, si no protagónico, que la industria debe asumir en el desarrollo de su personal y de los programas de educación, con la asignación correspondiente de recursos presupuestales y la necesaria interacción con las entidades que definen las políticas educativas y con las instituciones de enseñanza y entrenamiento.

Por otra parte, las personas tienen que sentirse suficientemente estimuladas para aplicar con eficiencia sus capacidades al servicio de la organización. De nada sirve contar con personal altamente calificado si las condiciones laborales no posibilitan el despliegue efectivo de sus competencias. En con-

secuencia, paralelamente a una correcta política de enganche y entrenamiento del personal, las empresas deben transformar el ambiente de trabajo de forma que se puedan desarrollar al máximo las potencialidades de su talento humano. Investigaciones que tocan el tema han encontrado, por ejemplo, relación entre:

- Las estructuras matriciales y el éxito en la innovación de productos (Kolodny, 1980).
- La eficiencia del desempeño investigativo y un diseño orgánico-profesional de la organización (Hull, 1988).
- La innovación tecnológica exitosa y la existencia de comunicación eficiente tanto inter como intra-organizacional (Rothwell & Robertson, 1973).
- Las formas de trabajo polivalentes y la productividad (Dodgson, 1987).
- Las prácticas de estímulo a la participación de obreros y empleados para el mejoramiento continuo y la competitividad empresarial (Imai M. , 1986).

Aprendizaje a través de la I+D

La noción de aprendizaje a través de la I+D (*learning-by-Research, learning-by-searching*) ha sido introducida a partir de la observación del hecho de que las firmas invierten en I+D para estar en capacidad de utilizar la información disponible externamente (Cohen & Levinthal, 1989). Estos autores argumentan, adicionalmente, que las firmas se involucran con frecuencia en investigación básica, antes que para obtener resultados particulares, para poder identificar y explotar conocimientos científicos y tecnológicos generados por universidades y laboratorios públicos. Por tanto, la inversión en I+D, además de los logros directos que proporciona para la innovación de productos o procesos, genera un aumento en la capacidad de la empresa para aprender, es decir, para identificar, asimilar y aplicar conocimientos producidos externamente.

Esta capacidad de asimilación es importante para una empresa que compita en el mercado mundial, así su estrategia innovativa no sea de liderazgo u ofensiva, como es el caso de muchas firmas latinoamericanas. Por ejemplo, el éxito de una estrategia defensiva depende de la capacidad de respuesta ágil de la empresa seguidora frente a los movimientos del líder, lo cual se ve

facilitado enormemente por su capacidad de aprendizaje. La extensión del mercado ganado por un seguidor depende de la introducción del producto antes que otros competidores y de las ventajas que ofrezca, en costo, calidad, etc., frente al producto de la empresa líder. Esto hace que una estrategia defensiva requiera I+D en magnitud comparable a la de una estrategia de liderazgo (Freeman, 1974). La diferencia es que la I+D conducida por una empresa seguidora tiene como propósito fundamental acumular los conocimientos necesarios que le permitan, cuando lo considere oportuno, moverse rápidamente detrás del líder tecnológico.

Incluso la implantación de estrategias imitativas, menos demandantes tecnológicamente, se hace difícil, si no imposible, si la empresa no cuenta con una capacidad mínima para entender, asimilar y aplicar las nuevas tecnologías. De nuevo, aquí el ejercicio de I+D es importante y las posibilidades de rápida maniobra que da una buena capacidad de aprendizaje representan una ventaja competitiva significativa.

Para la industria de los países en desarrollo, las dos caras de la I+D tienen profunda significación. Por una parte, posibilitan el lanzamiento de nuevos (o mejores) productos y la puesta en práctica de nuevos (o mejores) procesos. Esto, no obstante, se puede hacer muchas veces mediante el licenciamiento de la tecnología, con los consiguientes ahorros de tiempo. Esta alternativa es, frecuentemente, la salida más adecuada. Lo importante en este caso no es tanto el hecho en sí del licenciamiento, sino la forma como se realice, pues esta representa la diferencia entre la dependencia tecnológica continuada o la asimilación de la tecnología y su posterior mejora.

Por otra parte, y tal vez más importante, las actividades de I+D en los países en vía de industrialización, si bien no necesariamente contribuyen a correr las fronteras del conocimiento ni se alimenten de los últimos descubrimientos científicos, sí pueden contribuir eficazmente a desarrollar las capacidades tecnológicas de la empresa y, por tanto, a avanzar hacia la posición estratégica que se ha sugerido aquí como propósito fundamental de la estrategia de innovación. Obviamente, las actividades de I+D no necesitan en este contexto cumplir con el criterio de demarcación propuesto por el *Manual de Frascati*. Lo importante aquí es que contribuyan a desarrollar las capacidades tecnológicas de la firma, es decir, que actúen como canal eficaz de aprendizaje tecnológico.

La magnitud del aprendizaje resultante de las actividades de I+D, ha llevado a Maidique y Zirger (1985) a señalar que, incluso cuando su objetivo inmediato (la introducción exitosa de una innovación) resulte fallido, el conocimiento ganado a través de la I+D y las actividades complementarias del proceso innovativo, se han convertido frecuentemente en instrumento para lograr el éxito de subsiguientes proyectos. Tal constatación ha llevado a estos autores a proponer un ciclo de aprendizaje para la innovación de productos basado en una sucesión de fracasos y éxitos y en lo que denominan ‘aprendizaje a través del fracaso’ (*learning-by-failure*). Una importante consecuencia inmediata de esta constatación para efectos de gestión, es que el éxito o el fracaso de un proyecto de innovación no se puede concluir a partir del éxito o el fracaso de un proyecto individual: la unidad de análisis debe cambiar del proyecto unitario a la familia de productos o al programa general de investigación.

Aprendizaje a través de la colaboración y las relaciones interinstitucionales

A pesar de la importancia atribuida a la función de I+D, su existencia no es suficiente si no interactúa eficientemente con otras funciones dentro de la empresa (Rothwell & Robertson, 1973; Freeman, 1991). Este aspecto fue mencionado antes en relación con la necesidad de una estructura y unas prácticas organizacionales que posibiliten un eficaz desarrollo de los conocimientos y capacidades de los individuos en la empresa. Más aún, esta integración interna es indispensable para el éxito de los procesos de innovación tecnológica, donde la I+D, si bien ocupa un lugar prominente, es solo uno de sus componentes en asocio con las funciones de ingeniería y diseño, producción y mercadeo.

Aquí se desea subrayar la importancia de la colaboración e interacción de las empresas entre sí y con las instituciones de investigación (universidades y centros investigativos), como uno de los factores emergentes del éxito en los procesos de innovación actuales (Rothwell, 1992). La viabilidad y alcance de esta interacción se ha potencializado recientemente con el desarrollo de las telecomunicaciones y la difusión de las tecnologías de la información. Tal vez sea este aspecto lo que ha hecho popular el término ‘red’ para referirse al establecimiento de acuerdos (formales o informales) entre instituciones.

Este canal de aprendizaje, sin embargo, no puede darse independientemente de otros canales. Por ejemplo, hay evidencias que sugieren que un factor restrictivo del aprendizaje a través de la colaboración tecnológica es la falta de ingenieros, científicos y técnicos calificados en las empresas. Esto cobra especial significación en las firmas pequeñas y medianas. Sin los recursos adecuados de personal, las empresas ven limitadas sus capacidades de acceder al conocimiento externo o, si tienen éxito en ello, de asimilar y desarrollar las aplicaciones tecnológicas en productos y procesos competitivos (Rothwell & Dodgson, 1991).

La diferencia entre ‘información’ y ‘tecnología’ ayuda a entender por qué la colaboración interinstitucional es tan importante en los procesos de aprendizaje tecnológico: como se expuso en un capítulo anterior, el conocimiento tecnológico es en parte específico a la firma, tácito y acumulativo, en tanto que la ‘información’ es su componente universal, articulado y público (Dosi, 1988a; Dosi, 1988b). Por consiguiente, la transferencia de conocimiento con frecuencia requiere mecanismos de comunicación más complejos que el simple intercambio de información, exigiendo el establecimiento de redes de interacción y canales especiales de aprendizaje (OECD, 1992). Un estudio sobre innovación y redes realizado por Imai y Baba (1991), para el caso de los VCR, pone de manifiesto esta situación. Senker y Faulkner (1993) presentan evidencia empírica adicional acerca del papel del conocimiento tácito en la innovación y de su adquisición por medio de la participación en redes.

Una consecuencia inmediata es que, como lo señala Rothwell (1992), progresivamente parece tener menos sentido hablar de ‘la firma A y la innovación’, o ‘la firma B y la innovación’. Esto es particularmente relevante con respecto a las firmas de alta tecnología, en la medida en que las altas tecnologías son cada vez menos el resultado de los esfuerzos aislados de un inventor o de una firma, siendo creadas, desarrolladas, introducidas al mercado y difundidas más frecuentemente a través de complejos mecanismos contruidos sobre relaciones y conexiones inter-organizacionales (Rothwell, 1983b; 1983a; OECD, 1992).

7. GESTIÓN DE PORTAFOLIOS Y PROYECTOS DE I+D+I

Introducción

Los proyectos de I+D+i son la forma operativa que adquiere la gestión de la innovación en la empresa. En ellos se hace explícita la estrategia y se posibilita el logro de objetivos concretos. En este capítulo se hará una introducción a la gestión de proyectos de I+D+i con un alcance conceptual y metodológico, comenzando por la gestión de portafolios como fase intermedia entre la estrategia y la operación. En la segunda parte, se abordará la gestión de proyectos individuales, con foco en su formulación, evaluación ex-ante, ejecución y evaluación ex-post.

Gestión de portafolios de proyectos de I+D+i

En esta sección se hace una introducción a la gestión de portafolios de proyectos de I+D+i, con base en el trabajo de Robert G. Cooper¹⁵, Scott J. Edgett¹⁶ y Elko J. Kleinschmidt¹⁷. Inicia con la definición y los objetivos del

¹⁵ El experto mundial más reconocido en el campo de la gestión de nuevos productos. Presidente del Product Development Institute(PDI) y profesor de mercadeo en la Universidad de McMaster, Ontario. Es considerado el padre del proceso **Stage-Gate**[®] para la gestión de nuevos productos. Ingeniero Químico con MBA y Ph.D. en Negocios.

¹⁶ Experto internacional en el campo de la gestión de portafolios y desarrollo de nuevos productos. CEO y cofundador del PDI y profesor asociado de mercadeo en la Universidad de McMaster. Contador con MBA en Mercadeo y Finanzas y Ph.D. en Mercadeo.

¹⁷ Experto líder en procesos de desarrollo, gestión de portafolio de nuevos productos, y factores de éxito de programas de desarrollo de nuevos productos. Profesor de mercadeo y negocios internacionales en la Universidad de McMaster y director del Programa

portafolio, contextualizando su gestión desde una perspectiva empresarial, para luego analizar los problemas metodológicos de su gestión y plantear algunas soluciones y recomendaciones.

Definición, contexto y objetivos

Según Cooper, Edgett y Kleinschmidt:

La gestión del portafolio es un proceso de decisión dinámico, en el que la lista de proyectos activos de nuevos productos (y de I+D) de una empresa, se actualiza y revisa constantemente. En este proceso, los nuevos proyectos se evalúan, seleccionan y priorizan, los proyectos existentes pueden acelerarse, eliminarse o perder prioridad; y los recursos se asignan y se reasignan a los proyectos activos. Este proceso de decisión se caracteriza por información incierta y cambiante, oportunidades dinámicas, múltiples metas y consideraciones de estrategia, interdependencia entre proyectos y múltiples tomadores de decisiones y localizaciones. (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 2001, p. 3, traducción del autor)

En línea con la definición anterior e interpretándola desde un contexto conceptual coherente con los capítulos anteriores, podemos afirmar que la gestión de portafolios de proyectos de I+D+i y su actividad central, la selección y priorización de proyectos, constituyen el vínculo entre la estrategia tecnológica, la toma de decisiones sobre asignación de recursos escasos y el desarrollo de procesos y procedimientos operativos para generar conocimiento, aplicarlo en la solución de problemas y convertirlo en innovaciones. En una época en que para su prosperidad futura e incluso su supervivencia, las organizaciones enfrentan una competencia cada vez mayor, en condiciones de un acelerado cambio tecnológico y sometidas a crecientes presiones de rentabilidad financiera, el proceso de toma de decisiones para la conformación de portafolios de proyectos de I+D+i se vuelve cada vez más crítico. En el ámbito empresarial, el portafolio de nuevos productos adquiere una importancia tal, que llega a determinar el valor futuro de la organización (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 2001). Esto es válido también desde la perspectiva de otro tipo de organizaciones que enfrentan desafíos similares respecto a sus decisiones sobre inversión en I+D e innovación para el logro

de Ingeniería y Gestión. Ingeniero Mecánico con MBA y Ph.D. en Administración de Negocios.

de sus objetivos estratégicos, como las universidades y los centros de investigación, e incluso para conjuntos de organizaciones que trabajan colaborativamente para el logro de objetivos sistémicos, como los *clusters*.

En este sentido, los modelos viables de gestión de portafolios y técnicas adecuadas de selección y priorización de proyectos contribuyen a una correcta implementación de las políticas y estrategias de I+D e innovación, tanto en una perspectiva pública, como académica y empresarial. El resultado es una mayor capacidad sistémica para alinear políticas, estrategias y decisiones sobre I+D e innovación, en entidades públicas y privadas, frente a iniciativas de orden macro (por ejemplo, programas nacionales y regionales de I+D e innovación), meso (iniciativas sectoriales y de *cluster*) y micro (en organizaciones empresariales, universitarias e investigativas).

Una gestión adecuada del portafolio de proyectos de I+D+i posibilita a la organización, entonces, un proceso de toma de decisiones que consulta las políticas y estrategias a todo nivel, las capacidades y limitaciones internas y las posibilidades y retos externos a la organización, en presencia de contradicciones e incertidumbres. Es sabido que la elaboración e implementación de estrategias organizacionales enfrenta múltiples objetivos y criterios de asignación de recursos, con frecuencia contradictorios, para lo cual es crucial que las organizaciones adopten sólidos modelos y prácticas adecuadas de gestión de portafolios. Así se generan mejores posibilidades en la toma de aquellas decisiones que confrontan incertidumbres, riesgos, limitaciones de recursos, interdependencia entre propósitos de proyectos, objetivos contradictorios, diferentes niveles de prioridad, resultados de corto, mediano y largo plazo y necesidad de balances adecuados entre los beneficios financieros y los beneficios intangibles (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 1999; Ghasemzadeh & Archer, 2000; Osawa & Murakami, 2002).

Por lo anterior, la gestión del portafolio de proyectos de I+D+i:

- Es una de las funciones directivas más importantes;
- es fundamental para la supervivencia empresarial presente y la prosperidad futura de los negocios; y
- es la manifestación explícita de la estrategia empresarial;

Además, se relaciona con:

- La maximización del valor del portafolio;

- el retorno de la inversión en I+D+i;
- un balance apropiado de las inversiones; y
- decisiones de I+D+i alineadas con la estrategia de innovación.

Por su importancia estratégica y táctica, la gestión de portafolios de proyectos de I+D+i está presente en muchas empresas que implementan procesos formales de gestión de la innovación. Desde una perspectiva empresarial, sus objetivos son múltiples y de variado alcance, pero pueden ser resumidos en los siguientes: (Cooper, Edgett & Kleinschmidt, 2001):

1. Financieros: maximizar valor y retorno.
2. Ganar posición competitiva: aumentar ventas y participación en el mercado.
3. Asignar eficientemente recursos escasos.
4. Articular los proyectos con la estrategia.
5. Focalizar los esfuerzos en las mejores propuestas de creación de valor.
6. Lograr balance entre características opuestas: largo y corto plazo, alto y bajo riesgo.
7. Comunicar prioridades.
8. Mejorar la objetividad en la selección y priorización.

Métodos de gestión de portafolios

A pesar de su importancia, la gestión de portafolios de proyectos enfrenta múltiples problemas, que Cooper, Edgett y Kleinschmidt (2001) clasifican como:

- Estratégicos: portafolios carentes de criterios estratégicos, no alineados con la estrategia empresarial.
- Bajo valor: incapacidad de valorar los proyectos y diferenciar los de alto / bajo valor.
- Desenfocados: incapacidad de seleccionar y priorizar, recursos dispersos, proyectos de alto valor desfinanciados.
- Mala selección: métodos incorrectos, decisiones basadas en política, opinión y emoción.

Enfrentar exitosamente estas dificultades es una tarea compleja, debido a que la gestión de portafolios está expuesta a muchas aproximaciones conceptuales y metodológicas, entre las cuales es difícil identificar las que mejor se adaptan a las necesidades y circunstancias de la empresa, y en cuya aplicación surgen dificultades de orden práctico para las que no hay respuestas fáciles. Aun así, la dirección empresarial no puede renunciar a aplicar métodos que contribuyan a realizar las potencialidades de la gestión de portafolios.

La revisión de la literatura internacional revela la existencia de una amplia variedad de métodos y técnicas para la gestión de portafolios de proyectos, varias de ellas basadas en modelos ya consolidados. Al respecto, ver las revisiones hechas por Henriksen y Traynor (1999), Cooper, Edgett & Kleinschmidt (2001) y otras en modelos de más reciente difusión, como aquellos basados en Lógica Difusa (Wang & Hwang, 2007; Carlsson, Fullér, Heikkilä & Majlender, 2007); Programación Estocástica (Fang, Chen & Fukushima, 2008) y *Data Envelopment Analysis* (Eilat, Golany & Shtub, 2006), por mencionar algunos de los trabajos más representativos.

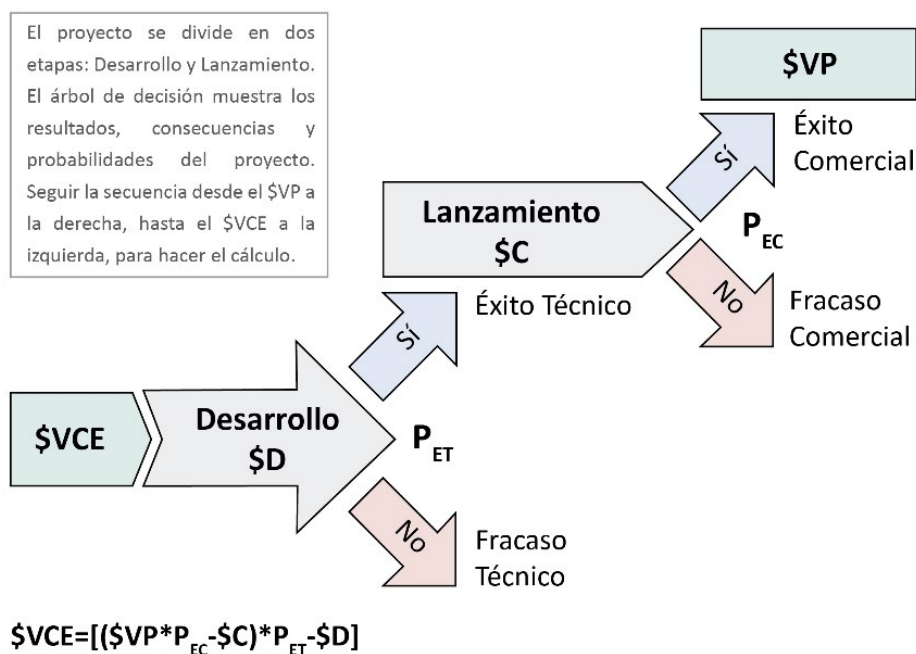
Siguiendo a Cooper, Edgett y Kleinschmidt (2001), los métodos de gestión de portafolios más populares se clasifican como:

1. **Financieros:** los más populares (NPV, ROI, *Payback Period*, ECV, *Productivity Index*, etc.). Para una ilustración del método ECV, ver figura 22.
2. **Decisión estratégica:** los recursos son distribuidos con criterios de importancia estratégica (i.e., los cubos estratégicos)
3. **Diagramas o mapas de portafolio:** ayudan a visualizar información crítica (figura 23).
4. **Modelos de puntaje (*scoring*):** los proyectos reciben puntaje en varias dimensiones evaluativas con diferentes pesos; el puntaje total es una suma pesada de los puntajes individuales. Usado para priorización (cuadro 10).
5. **Lista de chequeo (*check list*):** una versión simplificada de los modelos de puntaje, pero más usado para decisiones *Go/Kill*.

Para comparar el desempeño de los métodos de gestión de portafolios, Cooper, Edgett y Kleinschmidt (2001) realizaron una investigación entre 205 empresas de Estados Unidos y Canadá, buscando identificar aquellas empresas con un desempeño superior y descubrir qué factores explicaban su superioridad. Para ello, definieron seis métricas de desempeño resumidas

en una sola mediante análisis factorial y compararon el 20% de las empresas con mejor desempeño con el 20% con el desempeño más bajo. Según las conclusiones del estudio, las diferencias entre ambos grupos de empresas se resumen en las siguientes:

1. Las mejores tienen una más clara percepción de la importancia de la gestión de portafolios.
2. Las mejores usan métodos explícitos, definidos y consistentes de gestión de portafolios.

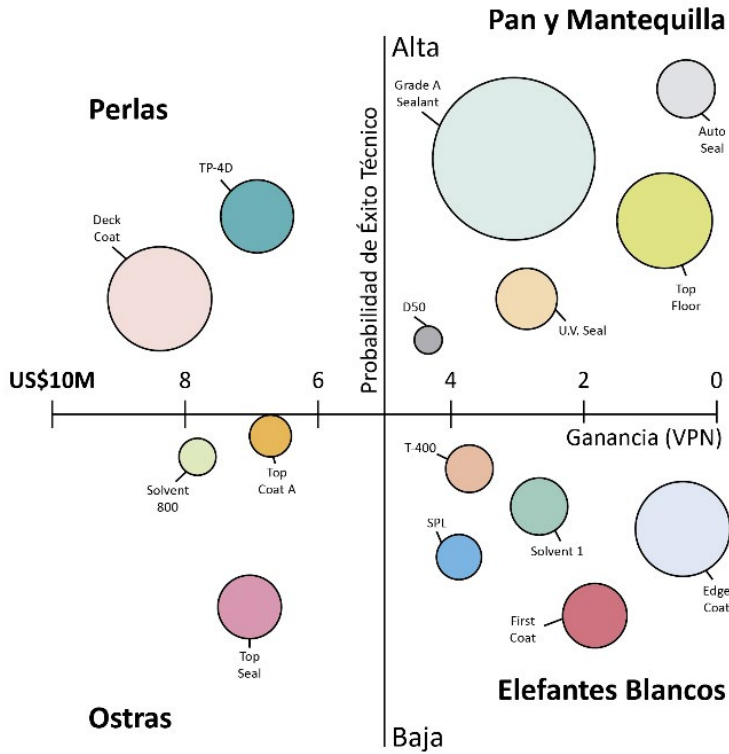


\$VCE = Valor Comercial Esperado
 P_{ET} = Probabilidad de Éxito Técnico
 P_{EC} = Probabilidad de Éxito Comercial dado el Éxito Técnico
\$D = Costos de Desarrollo
\$C = Costos de Comercialización y Lanzamiento
\$VP = Valor Presente de ganancias futuras del proyecto

Figura 22. Ilustración del método VCE (Valor Comercial Esperado)

Fuente: elaboración del autor con base en Cooper y Edgett (2001, p. 3a)

Ejemplo basado en una unidad de negocios
de una gran empresa química.



Tamaño del círculo = Recursos anuales destinados al proyecto
Color del círculo = Línea de producto

Figura 23. Ilustración del método de diagramas o mapas de portafolio
Fuente: elaboración del autor con base en Cooper y Edgett (2001, p. 4a).

Cuadro 10. Ilustración del método de puntaje (*scoring*)

Alineación estratégica: • grado de alineación del proyecto con la estrategia del negocio • importancia estratégica Producto / Ventaja competitiva: • ofrece a los clientes / usuarios beneficios únicos • satisface mejor las necesidades de los clientes • provee buena relación precio - valor al cliente / usuario Atractividad del mercado: • tamaño del mercado • rata de crecimiento del mercado • intensidad competitiva del mercado	Sinergia con las competencias Nucleares de la Empresa: • sinergias de mercadeo • sinergias tecnológicas • sinergias operativas / de manufactura Viabilidad técnica: • tamaño de la brecha técnica • complejidad técnica (barreras a superar) • grado de incertidumbre técnica Riesgo vs. Retorno: • rentabilidad esperada (VPN) • tasa interna de retorno (TIR) • periodo de amortización • certeza de los estimativos de amortización / rentabilidad • bajo costo y rapidez de ejecución
En las reuniones de evaluación, cada proyecto obtiene una calificación mediante la suma, usualmente ponderada, de los puntajes obtenidos por cada factor; estos, a su vez, son calculados mediante una suma (ponderada o no) de los puntajes otorgados a cada uno de los criterios de evaluación definidos para el respectivo factor. Además, normalmente se define un puntaje mínimo que debe obtener cada factor para que el proyecto sea elegible. La calificación del proyecto define su nivel de atraktividad y orden de prioridad.	

Fuente: elaboración del autor con base en Cooper y Edgett (2001, p. 3a).

3. Las mejores confían más en decisiones estratégicas que en métodos financieros, al contrario de las peores.
4. Las mejores tienden a usar simultáneamente más métodos que las peores.

Una de las conclusiones más interesantes del estudio tiene que ver con el problema de los métodos financieros. Según el estudio, las peores empresas adoptaron como método principal el que parecía ser el más riguroso y desarrollado: un método financiero. Sin embargo, obtuvieron lo contrario a lo que deseaban: un portafolio de bajo desempeño. Los autores proponen las siguientes explicaciones:

1. La sofisticación de estos métodos excede en mucho la calidad de los datos de entrada disponible.
2. Las decisiones de priorización y *Go/Kill* ocurren temprano en la vida de los proyectos, precisamente cuando los datos son menos precisos.
3. Las proyecciones financieras son altamente susceptibles de manipulación, conduciendo frecuentemente a resultados amañados.

Como implicaciones para la gestión de portafolios, Cooper, Edgett y Kleinschmidt (2001) señalan las siguientes:

- La gestión de portafolios funciona: implemente una gestión sistemática, formal y rigurosa.
- Véndale la idea a la alta dirección.
- Intente una aproximación híbrida.
- Tenga cuidado con un exceso de confianza en los métodos financieros.
- Otorgue la mayor importancia a las decisiones estratégicas.
- Considere los modelos de puntaje como una herramienta efectiva de priorización.
- Incluya los diagramas o mapas como parte de su repertorio de métodos.

Gestión de proyectos de I+D+i

El proyecto es quizás la herramienta administrativa más poderosa cuando se trata de realizar una gestión táctica de la innovación. Siguiendo las propuestas de Colciencias, entendemos aquí como proyecto al conjunto articulado y coherente de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetivos siguiendo una metodología definida, para lo cual se precisa un equipo de personas idóneas así como otros recursos cuantificados en forma de presupuesto, que prevé el logro de determinados resultados sin contravenir las normas y buenas prácticas establecidas, y cuya programación en el tiempo responde a un cronograma con una duración limitada.

Los proyectos de I+D+i son, entonces, herramientas administrativas básicas para hacer de la innovación una realidad. Esto es muy importante para la gestión, pues significa que podemos utilizar el cúmulo de conocimientos y experiencias acumulados en torno a la figura de proyectos y aplicarlos a la gestión táctica de la innovación empresarial. En este sentido, haremos

referencia aquí a las etapas típicas básicas de la gestión de proyectos para el caso de la innovación:

- Identificación del problema y análisis de las alternativas de solución
- Formulación del proyecto
- Evaluación ex-ante del proyecto
- Ejecución y seguimiento del proyecto
- Evaluación ex-post del proyecto

Identificación del problema y análisis de las alternativas de solución

El detonante de una iniciativa particular de innovación es la toma de conciencia de que hay que actuar para resolver un problema o aprovechar una oportunidad que precisa una respuesta de parte de la empresa.

El término ‘problema’ debe aquí ser despojado de las connotaciones negativas que usualmente se le asocian, en tanto los problemas suelen ser sinónimo de errores, malas decisiones e incompetencia, y tienden, por tanto, a ser ocultados, desconocidos o justificados. Por el contrario, los problemas deben ser vistos como una oportunidad excepcional para mejorar y avanzar y, en este sentido, no tiene objeto distinguir entre ‘problema’ y ‘oportunidad’. Al respecto, es interesante anotar que la actitud ante los problemas es uno de los rasgos distintivos de las culturas empresariales japonesa y estadounidense, que contribuye a explicar la diferencia en desempeño empresarial de ambos países en materia de creatividad y satisfacción laboral: los japoneses tienden a considerar los problemas como *golden eggs* que deben ser buscados, identificados, entendidos y aprovechados en desarrollo de la empresa y sus empleados; en cambio, la cultura anglosajona parece privilegiar una actitud de desconocimiento y justificación de los problemas bajo la consideración de que estos no deberían de existir en una organización exitosa (Basadur, 1992).

Los problemas deben ser identificados, obviamente, pero esto no es suficiente. Es necesario describirlos claramente, delimitarlos y entenderlos en un contexto de posibles causas y consecuencias, de forma que la empresa pueda trazar el mejor curso de acción posible para resolverlos. Desafortunadamente, esto no siempre es tan sencillo como parece a primera vista, lo cual compromete desde el principio el éxito del proyecto de I+D+i. En efecto, la comprensión cabal de un problema exige, usualmente, la referen-

cia a un marco interpretativo que incluye información, conceptos y teorías, así como creencias, ideas y concepciones que provienen muchas veces de la experiencia y la historia particular de éxitos y fracasos de los individuos y las organizaciones. Todo ello configura lo que algunos autores denominan ‘modelos mentales’ o ‘paradigmas empresariales’, los cuales ejercen un poderoso efecto de ceguera ante ciertos problemas y la imposibilidad de vislumbrar ciertas posibles soluciones, privilegiando una percepción sesgada de la realidad y la exclusión de posibles vías exitosas de acción.

A ello se une, con frecuencia, la imposibilidad o dificultad práctica para obtener información esencial para analizar el problema, lo cual puede conducir a que, en los contextos empresariales, las decisiones en materia de innovación se tomen bajo condiciones de riesgo e incertidumbre, una característica que muchas veces se configura como una barrera a la innovación empresarial.

El riesgo y la incertidumbre asociados frecuentemente a la innovación, así como la necesidad de transformar culturas organizacionales miopes por el efecto de ciertos modelos mentales y paradigmas, constituyen justificaciones tradicionales para la intervención estatal en materia de fomento e incentivo a la innovación empresarial.

Finalmente, una dimensión muy importante de esta etapa del proyecto tiene que ver con el análisis de las alternativas de solución del problema. Una adecuada comprensión y tratamiento del mismo es imposible sin tener claro cuáles son las posibles alternativas de solución, las tecnologías en uso y los nuevos desarrollos que se están investigando, sus ventajas y limitaciones, el costo y las posibilidades de acceso a las distintas soluciones y tecnologías, etc. Como resultado de dicho análisis se generará información crítica para el proceso de toma de decisiones respecto al camino a seguir en el desarrollo del proyecto.

Formulación del proyecto de I+D+i

A partir de la identificación y definición del problema se procede a la formulación del proyecto, etapa que da como resultado un documento que recoge y presenta de una manera clara y coherente los elementos que constituyen el mismo. Este documento, denominado usualmente ‘perfil del proyecto’ (*project outline*), es elaborado por el líder o coordinador del proyecto, y es a la vez resultado e instrumento de negociación que permite dar forma al

proyecto, posicionarlo en el portafolio de proyectos de la empresa y, eventualmente, si su ejecución es decidida, conducirlo a feliz término.

En términos de contenido, el perfil del proyecto define y establece claramente:

- a) el problema que le da origen, sus causas, consecuencias y alternativas de solución;
- b) la solución escogida y su justificación;
- c) los objetivos del proyecto;
- d) la metodología adecuada para el logro de dichos objetivos;
- e) las actividades que desarrollarían tal metodología y el cronograma del proyecto;
- f) el equipo del proyecto y las responsabilidades asumidas por cada integrante;
- g) los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, su justificación y presentación en forma de presupuesto;
- h) los productos, resultados e impactos.

A continuación se harán algunas reflexiones en torno a algunos de estos elementos del perfil del proyecto, aunque no necesariamente en el orden indicado.

Problema y alternativas de solución

Aunque es claro que para iniciar la formulación de un proyecto de I+D+i ya debe haber un análisis suficientemente convincente del problema en cuanto a su importancia y la factibilidad de resolverlo, en este punto se abre un espacio para profundizar la comprensión del mismo y para analizar a fondo las distintas alternativas de solución que se le presentan a la empresa. El resultado es una clara presentación del problema y su inclusión en el perfil de proyecto, una exposición sucinta de las distintas alternativas de solución posibles y una justificación de la opción seleccionada.

Objetivos y productos¹⁸ del proyecto

Por su misma naturaleza, los objetivos básicos de los proyectos de I+D+i empresarial tienen que ver con la obtención de conocimiento relevante para la empresa y con la producción de innovaciones. Sin embargo, en el contexto particular de cada proyecto de I+D+i, estos objetivos pueden ser expresados de varias formas, recogiendo los intereses específicos del mismo. Por ejemplo, un proyecto de investigación sobre limas puede estar orientado a producir conocimiento sobre la relación entre la geometría de los dientes de la lima y su capacidad de remoción de material, lo cual se verá reflejado en el objetivo establecido para el proyecto. Una innovación de producto puede estar asociada a la sustitución de una materia prima para la elaboración del mismo, por lo cual el objetivo del proyecto puede tomar la forma de ‘sustituir el material X por el material Y en la elaboración del componente Z’. Asimismo, una innovación de proceso puede referirse a la sustitución de un equipo en particular por otro basado en una tecnología avanzada de control automático, especificidad que será recogida en la formulación del objetivo del proyecto, y así sucesivamente.

Por su parte, los productos constituyen los entregables de los proyectos en forma de bienes (tangibles e intangibles) y servicios. Siguiendo los ejemplos del párrafo anterior, el producto básico del proyecto de la lima podría ser entendido como información y conocimiento técnico sobre la relación entre la geometría de los dientes y su capacidad de remoción de material. Asimismo, el producto del proyecto de sustitución del material X podría ser una innovación del componente Z, consistente en un componente con mejor desempeño técnico a partir del cambio de material. Finalmente, el producto del proyecto de automatización podría definirse como una innovación de proceso a partir de las nuevas funcionalidades del equipo atribuidas a su automatización.

Resultados e impactos del proyecto

En cuanto a los resultados e impactos del proyecto, ambos tienen que ver con los efectos que sobre la empresa y su contexto tiene el uso o la implementación de los productos del proyecto. Los resultados son los efectos

¹⁸ Las definiciones de producto, resultado e impacto que se presentan a continuación, están basadas en Colombia. DNP (2014, p. 13), que a su vez remite a van Dooren, Bouckaert y Halligan (2010).

intencionales (o no) y que pueden ser (o no) atribuibles directamente al uso o implementación de los productos. Por su parte, los impactos constituyen los efectos exclusivamente atribuibles al uso o implementación de los productos.

Volviendo a los ejemplos mencionados, un resultado de los tres proyectos podría ser el aumento de las ventas de la empresa. Sin embargo, no todo el aumento podría atribuirse a los proyectos, lo cual conduce a la pregunta sobre el impacto de los proyectos en las ventas de la empresa. Las mayores ventas de la lima podrían deberse a una mayor capacidad de remoción de material, pero también podrían responder a innovaciones introducidas al proceso de producción o a su mercadeo, o incluso a factores externos a la empresa, como un aumento de las exportaciones por efectos de la devaluación de la moneda. Algo similar podría decirse respecto al impacto sobre las ventas de las innovaciones de producto y proceso de los otros dos ejemplos.

En general, los resultados esperados de un proyecto son efectos positivos asociados a los productos del proyecto; sin embargo, dichos resultados pueden producirse por la interacción de los productos con otras realidades y fenómenos de la empresa y su contexto, no siempre bajo el control del equipo responsable del proyecto. Incluso, algunos resultados podrían terminar siendo negativos. Aunque la lista completa de posibles resultados esperados de los proyectos de I+D+i es difícil de establecer, para efectos de ilustración se presentan a continuación algunos de los resultados buscados de estos proyectos:

- Aumento en las ventas de un producto
- Disminución del costo de un producto
- Mejora de la calidad, funcionalidad o durabilidad de un producto
- Diversificación del portafolio de productos de la empresa
- Disminución del consumo de energía
- Sustitución de una fuente de energía por otra más económica, confiable o segura
- Conservación o ampliación de la cuota del mercado (*market share*) para un producto
- Conquista de un nuevo mercado para un producto (en el país o en el exterior)

- Mayor flexibilidad de un proceso de producción
- Atenuación o supresión de daños ambientales causados por un producto o proceso de producción
- Mejora en las condiciones de salud o seguridad ocupacional en ciertos puestos de trabajo

Respecto a los impactos de los proyectos de I+D+i, su identificación y medición es compleja en razón de la misma naturaleza de los resultados, muchas veces intangibles, observables con frecuencia solo en el mediano y largo plazo, y mediados por fenómenos y variables internas y externas a la empresa. En general, se recomienda evaluar los impactos de los proyectos en tres momentos distintos de la vida del mismo. Un primer momento es cuando se formula el proyecto; aquí, además de identificar los impactos, se debe hacer una primera estimación de los mismos (evaluación ex-ante). Un segundo momento es cuando el proyecto finaliza y se elabora el informe final de ejecución, resultados e impactos; aquí se espera una evaluación ex-post y reconsideración de los impactos inmediatos y futuros del proyecto. Un tercer momento se da durante el seguimiento al proyecto, con posterioridad a su finalización; aquí puede pensarse en evaluar los impactos anualmente, por espacio de unos cinco años a partir de la fecha de terminación del proyecto, aunque esta frecuencia y horizonte temporal dependen, obviamente, de las características del mismo.

A pesar de las dificultades y costos involucrados, es importante hacer un esfuerzo de medición de los impactos de cada proyecto, en aquellos casos en que se pueda establecer una relación cierta y directa entre el proyecto y el impacto. En otros casos, el problema excedería los alcances y la responsabilidad de la empresa y pasaría a ser materia de estudio y competencia de otras instituciones. Así, por ejemplo, es razonable pensar que una forma de evaluar el impacto ambiental de un proyecto de I+D+i del proceso de una curtiembre sea midiendo el efecto de los efluentes líquidos en la contaminación de las aguas de la localidad que reciben los vertimientos de la empresa, e incluso en el río que recibe esas descargas, pero no los impactos en la salud de las comunidades ribereñas afectadas. Esto se podría hacer, pero requeriría indicadores y análisis que excederían normalmente las posibilidades del ejecutor del proyecto en cuestión, pasando a ser responsabilidad de las autoridades sanitarias regionales.

A continuación se presenta una clasificación de las variables sobre las que normalmente se analizan los impactos de los proyectos de I+D+i a nivel empresarial.

1. Impactos económicos

1.1 Aumento en la venta de productos

1.1.1 Aumentos en las ventas nacionales, mercados ya atendidos

1.1.2 Aumento en las ventas nacionales por apertura de nuevos mercados

1.1.3 Aumento en las exportaciones, mercados ya atendidos

1.1.4 Aumento en las exportaciones por apertura de nuevos mercados

1.2 Reducción / aumento de costos de producción

1.3 Reducción / aumento en la rentabilidad

1.4 Cambio en el uso de factores de producción

1.4.1 Mano de obra no calificada

1.4.2 Mano de obra calificada

1.4.3 Materia prima, insumos y componentes

1.4.4 Energía

1.4.5 Capital fijo

1.5 Cambio en la generación de divisas

2. Impactos organizacionales

2.1 Impactos en el modelo de negocios

2.2 Impactos en la flexibilización de la producción

2.3 Impactos en los riesgos profesionales

2.4 Impactos en el ambiente para la creatividad y la innovación

2.5 Impactos en las relaciones laborales

2.6 Impactos en las relaciones con las comunidades afectadas por la actividad productiva de la empresa

2.7 Impactos en el servicio a clientes y usuarios

2.8 Impactos en las alianzas estratégicas o en las relaciones con proveedores, clientes y usuarios

3. Impactos ambientales

3.1. Contaminación del aire

3.2. Contaminación del suelo

3.3. Contaminación del agua

3.4 Niveles de ruido

3.5 Restauración o rehabilitación de ecosistemas degradados

3.6 Impactos en la biodiversidad

3.6.1 Deterioro de la biodiversidad

3.6.2 Preservación de la biodiversidad

3.6.3 Recuperación de poblaciones diezmadas

3.7 Impactos asociados a la introducción de organismos modificados genéticamente

3.7.1 Control o mitigación del riesgo

3.7.2 Impactos en otras especies o procesos del ecosistema

3.7.3 Impactos en la salud humana

4. Impactos en la capacidad tecnológica

4.1. Creación o fortalecimiento de líneas, grupos, centros o unidades de investigación adscritos a entidades

4.2. Creación o fortalecimiento de instituciones autónomas (con personería jurídica) que desempeñen papeles claves en los procesos de innovación (centros de desarrollo tecnológico, incubadoras de empresas, centros de innovación y productividad, parques científicos y tecnológicos y otras)

4.3. Mejora en la oferta de servicios tecnológicos

4.4. Aumento de la calidad, la pertinencia, la visibilidad o la sostenibilidad de la investigación

4.5. Formación de personal para la I+D

4.5.1. A nivel de doctorado

4.5.2. A nivel de maestría

- 4.5.3. A nivel de especialización
- 4.5.4. Jóvenes investigadores
- 4.5.5. Técnicos y personal asimilado (ver definición del *Manual de Frascati*)
- 4.6. Mejora del reconocimiento público o la apropiación social de la ciencia y la tecnología
- 4.7. Creación o fortalecimiento de formas de divulgación de la ciencia y la tecnología
- 4.8. Creación o fortalecimiento de vínculos internacionales de cooperación científica o tecnológica
- 4.9. Creación o fortalecimiento de formas colaborativas de trabajo para el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas (redes de investigación e innovación, programas interinstitucionales, colaboración universidad - empresa, cadenas productivas, *clusters*, etc.)
- 5. Impactos sociales y culturales
- 6. Impactos en las políticas públicas
- 7. Otros impactos que no se pueden clasificar en las categorías anteriores

Un tema de reflexión complementario al de los impactos de los proyectos individuales sería el de los impactos de la actividad investigativa e innovadora de la empresa, tanto en su conjunto como a lo largo de líneas específicas de tecnologías de producto o proceso. Como ha sido demostrado ampliamente (ver, por ejemplo, Maidique y Zirger, 1985), para efectos de la evaluación de impacto, generalmente la unidad de análisis más conveniente no es el proyecto, sino la familia de proyectos que se realizan en torno a una tecnología específica. En efecto, se ha comprobado que los éxitos en innovación están precedidos por uno o más ‘fracasos’ previos que han contribuido no solo a acumular capacidades tecnológicas críticas para el éxito posterior, sino que han mostrado los caminos que se deben evitar y han encauzado hacia rutas de exploración más promisorias.

Metodología, cronograma y presupuesto

Dado el carácter de herramienta administrativa que tiene todo proyecto, la metodología, el cronograma y el presupuesto son elementos constitutivos básicos del perfil del proyecto. La metodología debe ser cuidadosamente

escogida y claramente establecida, de manera que conduzca a una ejecución exitosa del proyecto en términos de eficiencia en la utilización de los recursos y efectividad en la obtención de los resultados esperados. Según la metodología escogida, se identificarán las actividades que conduzcan al desarrollo del proyecto y se establecerá el cronograma del mismo. Estos elementos se podrán utilizar después para la programación y control del proyecto.

Por otra parte, la ejecución exitosa del proyecto descansa críticamente en el equipo responsable y en los recursos disponibles para llevarlo a cabo. El equipo debe estar integrado por personas idóneas y que garanticen la integración de las distintas funciones empresariales necesarias para hacer de la innovación una realidad. Frecuentemente, ello exige la participación activa de personal de I+D (cuando esta función existe), ingeniería, producción, mercadotecnia y, posiblemente, el apoyo de personal de finanzas, recursos humanos y logística. En no pocas oportunidades, los proyectos de I+D+i involucran la participación de entidades externas que colaboran en labores investigativas, como universidades o centros de investigación.

Los gastos en personal y otros gastos e inversiones requeridas para la ejecución del proyecto deben ser determinados, cuantificados cuidadosamente y presentados en forma de presupuesto según los formatos requeridos para el efecto.

Evaluación ex-ante del proyecto

Una vez definido el perfil del proyecto es necesario someterlo a consideración de las instancias organizacionales que toman la decisión sobre su ejecución. Para ello, es preciso someter el proyecto a un proceso de evaluación ex-ante que generará la información necesaria para que los tomadores de decisión cumplan su papel adecuadamente. Desafortunadamente, es normal que en materia de proyectos de I+D+i las decisiones haya que tomarlas bajo condiciones de riesgo e incertidumbre, tanto relativas a la tecnología como al mercado y al contexto financiero y normativo.

La evaluación ex-ante de los proyectos de I+D+i considera usualmente un conjunto diverso de dimensiones evaluativas, las cuales pueden variar dependiendo del tipo particular de innovación. Las dimensiones más frecuentes analizan aspectos de mercado, comerciales, financieros, normativos, tecnológicos, ambientales, socioculturales, organizacionales, administrativos y éticos. A continuación se hará una breve referencia a cada una de ellas.

Evaluación de mercado, comercial y financiera

La evaluación de mercado tiene como propósito estimar el mercado potencial del producto objeto del proceso de innovación y analizar la competencia, tanto en términos cuantitativos (tamaño del mercado y concurrencia de competidores) como cualitativos (características del producto que demanda el mercado, referenciación competitiva, etc.). Estimado el mercado y la capacidad competitiva del producto, la evaluación comercial tiene por objeto verificar la capacidad de la empresa para colocar el producto en los mercados objetivo y atender el servicio posventa; esta evaluación es crítica cuando la empresa pretende abrir nuevos mercados, sobre todo en el extranjero. Por su parte, mediante la evaluación financiera se obtienen distintos indicadores financieros del proyecto que permiten analizar aspectos relativos al flujo de caja, la rentabilidad de la inversión, etc.

Evaluación de normas y regulaciones

Este tipo de evaluación tiene como propósito identificar las normas y regulaciones aplicables al producto o proceso objeto de innovación, así como verificar las posibilidades de cumplimiento de tales normas y regulaciones. De nuevo aquí, esta evaluación exige supremo cuidado sobre todo cuando la innovación pretende conquistar nuevos mercados de exportación, debido al normal desconocimiento de las normas y regulaciones aplicables en otros países a los productos de la empresa.

Tales normas pueden ser normas técnicas de obligatorio cumplimiento, normas de calidad de bienes y servicios, normas de Buenas Prácticas de Manufactura exigidas a productos alimenticios y farmacéuticos, normas de etiquetado (información mínima obligatoria provista en los productos), normas de seguridad y protección laboral, etc. Muchas veces el cumplimiento de este tipo de normas no es exigido legalmente, pero constituye un requerimiento de los clientes que las convierten en un requisito indispensable para colocar exitosamente el producto en el mercado.

Es importante considerar también las regulaciones aplicables, sobre todo aquellas provenientes de convenios o tratados internacionales de tipo comercial, que pueden afectar la exportación de ciertos productos. Algunas veces, incluso, tales regulaciones pueden ser beneficiosas, como aquellas que brindan acceso preferencial al mercado europeo o norteamericano a ciertos productos colombianos y andinos.

Evaluación tecnológica

Usualmente, la tecnología es un componente crítico de los proyectos de I+D+i y, como tal, exige una evaluación cuidadosa en varias de sus dimensiones antes de tomar una decisión favorable a determinada opción tecnológica. A continuación se mencionan algunas de estas dimensiones.

Nivel de capacidades tecnológicas. La empresa debe evaluar si posee suficientes capacidades tecnológicas para llevar a cabo exitosamente la innovación; en caso negativo, debe prever los medios para acumular la capacidad necesaria.

Análisis de riesgos tecnológicos. Deben evaluarse los riesgos inherentes a la tecnología y las formas de evitar o disminuir los riesgos de siniestros para las personas y las instalaciones. Además, debe preverse la adquisición de los seguros respectivos, en caso de ser necesario.

Estudios de propiedad intelectual. Debe verificarse que la tecnología no esté protegida por derechos de propiedad intelectual; en caso de que lo esté, deben tomarse las precauciones necesarias para no incurrir en delitos contra los derechos morales y patrimoniales de los titulares.

Cumplimiento de normas técnicas. Debe verificarse que los productos y procesos cumplan con las normas técnicas de obligatorio cumplimiento o requeridas en los países en que la empresa desee operar o comercializar sus bienes y servicios.

Análisis de tecnologías rivales. Es importante conocer a profundidad y evaluar el estado de desarrollo, las ventajas y las desventajas de la tecnología seleccionada, así como de otras tecnologías existentes y que sean utilizadas por la competencia, con el fin de determinar las posibilidades y limitaciones de la tecnología en cuestión y las tecnologías rivales.

Análisis de tecnologías emergentes. Es preciso indagar y determinar el estado de desarrollo y evaluar las posibilidades de difusión amplia de nuevas tecnologías que estén emergiendo de la I+D, de forma que la empresa no sea tomada por sorpresa y la tecnología adoptada sea desplazada rápidamente por tecnologías emergentes.

Evaluación ambiental

Tiene que ver con la identificación, caracterización y cuantificación de los principales contaminantes ambientales y subproductos asociados al proceso de producción y al producto. Involucra también la evaluación de métodos

de eliminación, reducción o tratamiento del impacto ambiental de tales contaminantes y subproductos. Con frecuencia, en el marco de los proyectos de I+D+i se tiene que tramitar una licencia ambiental otorgada por las autoridades gubernamentales, que exige el cumplimiento de estrictos requisitos de gestión ambiental. Además, es necesario tener en cuenta el pago de tasas retributivas en los casos en que tales tasas aplican por el impacto ambiental causado por la empresa.

Evaluación sociocultural

Con este tipo de evaluación se busca analizar los costos y beneficios sociales directos, indirectos e intangibles que ocasiona el proyecto, así como sus externalidades sociales favorables y desfavorables. Se deben considerar los efectos sobre la redistribución del ingreso, la generación de empleo, la calidad de vida, las costumbres de las comunidades, el patrimonio cultural, etc.

Análisis organizacional y administrativo

La evaluación del proyecto debe considerar las variantes de estructura organizacional o forma jurídica para asegurar la implantación exitosa de la innovación, así como las capacidades administrativas que se requieren en la etapa post proyecto. La introducción de una innovación puede, en determinados casos, dar lugar a la transformación organizacional de la empresa; a la creación de una nueva empresa; al establecimiento de un *joint venture*; a la protección y licenciamiento o venta de los derechos de propiedad intelectual o a otra variante similar.

Evaluación ética

Deseablemente, y por obligación legal en el caso en que se realicen investigaciones en el campo de la salud humana, los proyectos de I+D+i deben someterse al examen de un comité de ética que conceptúe sobre el respeto al código de ética aplicable al tema del proyecto. En el caso mencionado de la salud humana, este concepto es obligatorio para acceder a beneficios públicos ofrecidos por el gobierno para incentivar la ciencia, la tecnología y la innovación.

Ejecución y seguimiento del proyecto

Durante esta etapa, la gestión del proyecto busca garantizar el cumplimiento de los objetivos y la obtención de los resultados esperados con sujeción al cronograma y al presupuesto establecidos. Igualmente, se toman las medidas pertinentes para asegurar la protección de los derechos de propiedad intelectual y para establecer las condiciones propicias para la implantación exitosa de la innovación en la etapa post proyecto.

Cumplimiento de metas y objetivos

Un proyecto de investigación requiere un trabajo en equipo altamente integrado, con asignación de responsabilidades individuales y colectivas para el desarrollo de las actividades y el logro de las metas y los objetivos establecidos. Ello implica una programación cuidadosa del trabajo y una interacción permanente entre los miembros del equipo, bajo la coordinación del líder del proyecto. Asimismo, el trabajo en equipo y la necesidad de explicitar el conocimiento utilizado y generado durante el proyecto, exigen elaborar una memoria técnica detallada y un cuidadoso registro de bitácoras de trabajo de campo y laboratorio.

Cumplimiento de cronograma y presupuesto

La gestión del proyecto en su etapa de ejecución debe garantizar, en la medida de lo posible, el cumplimiento del cronograma previsto y el ajuste de los gastos e inversiones realizadas al presupuesto aprobado. Las desviaciones del cronograma y el presupuesto deben ser analizadas y decididas con la autorización de las instancias organizacionales previstas para el efecto.

Previsiones de implantación

Los proyectos de I+D+i transforman los productos, los procesos, las formas organizativas y los métodos de mercadotecnia de la empresa; normalmente, su impacto es significativo y durable. Debe tenerse en cuenta que el proyecto de I+D+i continúa hasta lograr el posicionamiento de los productos en el portafolio de la empresa, o la implantación de los procesos o de las transformaciones organizacionales o mercadotécnicas que constituyen el objetivo del proyecto.

Es por ello que durante la ejecución del proyecto se deben tomar las previsiones necesarias para que se lleve a cabo el proceso de asimilación de la innovación por parte de la organización. Entre ellas, quizás la medida más efectiva es la conformación de un equipo de trabajo que represente e integre las distintas funciones empresariales comprometidas en el proceso de innovación.

Garantía de confidencialidad y protección de la propiedad intelectual

En el marco del proyecto se debe definir la forma en que se manejarán los resultados susceptibles de proteger mediante patentes, registros u otras modalidades de protección de la propiedad intelectual. Durante la ejecución del proyecto se buscará, entonces, garantizar que dicha protección sea factible. Para ello, posiblemente se deba cuidar la confidencialidad de la información, negociar la participación en los derechos patrimoniales y tomar otras medidas de este tipo que garanticen que los trámites posteriores de patente o registro avancen sin contratiempos.

Evaluación ex-post del proyecto

Esta evaluación, que se realiza una vez concluido el proyecto, tiene por objeto verificar el cumplimiento de objetivos y analizar el desarrollo del proyecto con el fin de dar razón de los productos obtenidos, los resultados alcanzados y los impactos logrados.

8. ORGANIZACIÓN FORMAL E INFORMAL PARA LA INNOVACIÓN

Introducción

En el ámbito empresarial y considerando un diseño organizacional por procesos, algunos consideran la innovación y su gestión como un proceso cuyo objetivo es garantizar las mejores condiciones y el máximo desempeño de la empresa en materia de innovación, buscando contribuir al logro de las metas estratégicas de la organización. La innovación y su gestión pueden también considerarse como un sistema organizacional, por cuanto sus actividades críticas se encuentran distribuidas a lo largo y ancho de la organización; visto de otra forma, la innovación exitosa exige un despliegue estratégico y táctico de la organización que integra el compromiso, los recursos, las capacidades y los esfuerzos conjuntos de las distintas dependencias de la empresa, desde la alta gerencia hasta los operarios, incluyendo las funciones de ingeniería e I+D, producción, mercadotecnia, comercialización, finanzas y recursos humanos, entre otras.

En la perspectiva del modelo de gestión de la innovación presentado en el capítulo 5, para hacer realidad la innovación con alto desempeño, la empresa requiere establecer y poner en interacción congruente con las posibilidades y demandas del ambiente, una estrategia, un conjunto de tecnologías, un grupo de personas y una variedad de elementos organizacionales de carácter formal e informal. Las consideraciones sobre la estructura y los procesos organizacionales y sobre la naturaleza social de la organización que se hacen en el presente capítulo, constituyen parte fundamental de la organización formal (los primeros) e informal (la segunda). En esta perspectiva,

la innovación y su gestión exitosa no son posibles sin estructura, procesos organizacionales y ciertos rasgos sociales que las soporten.

En términos de la Norma Técnica Colombiana NTC 5800, el sistema de gestión de la innovación (o de la I+D+i) “incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implementar, llevar a cabo, revisar y mantener al día la política de I+D+i de la organización” (Icontec, 2008b, p. 6).

El propósito de este capítulo es hacer una introducción a los componentes formales e informales de la organización, con algunas propuestas específicas que pueden servir de punto de referencia para la construcción de organizaciones innovadoras. Para ello, y en consonancia con la Norma Técnica Colombiana NTC 5801 (Icontec, 2008b), se parte de las siguientes consideraciones:

- La fuerza disruptiva de la creatividad es complementada dialécticamente por la fuerza reguladora de las estructuras y los procesos. La innovación, además de la imaginación, la creatividad y la inventiva que nutren la generación de ideas, se soporta en estructuras y procesos organizacionales que hacen posible que las ideas se conviertan en realidades. A pesar de que algunos consideran que la imaginación, la creatividad y la inventiva se inhiben si se someten a estructuras estables y procedimientos repetibles, ambas dimensiones son necesarias para construir organizaciones innovadoras exitosas, y el reto de la gestión consiste precisamente en integrarlas de tal forma que establezcan sinergias fecundas y creen organizaciones sanas, con una balanceada interacción entre ambos polos dialécticos, evitando caer en los extremos viciosos del *‘diligent stupid’* o del *‘clever criminal’*.
- ***La sistematización de las actividades de I+D+i no solo es posible, sino conveniente.*** Las estructuras y procesos organizacionales que soportan la gestión de la innovación, como en el caso de otros sistemas organizacionales (producción, calidad, finanzas, etc.), son susceptibles de diseño, implementación, evaluación y ajuste. Incluso, la gestión de la innovación se puede beneficiar del cumplimiento de normas técnicas como las **NTC** serie 5800 en Colombia, o las **UNE** serie 166000 en España, sin que la sistematización de las actividades de I+D+i que resulta implique “forzarlas a reglas fijas que coarten la imaginación e inteligencia

emocional de los investigadores” (Icontec, 2008b, p. i). La gestión de la innovación se puede beneficiar de la certificación del cumplimiento de normas que recogen el conocimiento y las buenas prácticas que llevan a la excelencia.

- Proponer referentes de estructura y procesos para la innovación no busca ni lleva a la uniformización de los sistemas de gestión de la innovación. Los planteamientos y propuestas que se hacen en este capítulo (o en las normas técnicas mencionadas antes) sobre estructura y procesos organizacionales para la innovación, no pretenden uniformizar los sistemas de gestión de la innovación de las empresas. Deben entenderse como un insumo para el análisis y un referente de prácticas validadas, que deberían ser tenidos en cuenta en el diseño de sistemas específicos de empresas particulares. En todos los casos empresariales reales, el aporte de contenidos propios (por ejemplo, los modelos y las estrategias de negocio, y los objetivos de innovación propios), así como la experimentación, el autodescubrimiento y el ajuste que haga cada empresa de su sistema de gestión, llevan a diferenciar dichos sistemas hasta el punto de hacerlos únicos.

Por otra parte, complementando el desarrollo que se hace en este capítulo del tema de estructuras y procesos organizacionales para la innovación, al final del mismo se hacen algunas consideraciones básicas sobre cultura y clima organizacional, buscando caracterizar aquellos rasgos de la organización informal que facilitan o dificultan la innovación en la empresa.

Estructuras organizacionales para la innovación

Las estructuras organizacionales y su relación con las dinámicas de la innovación ha sido un tema ampliamente tratado en la literatura (ver, por ejemplo, Sapolsky, 1967; Pugh, Hickson, Hinings y Turner, 1968; Damanpour, 1987; Nadler y Tushman, 1997; DeSanctis, Glass y Ensing, 2002). El tema es altamente difícil, por las siguientes razones (Kim & Srivastava, 1998; Damanpour & Gopalakrishnan, 1998):

- La relación entre estructura e innovación depende del ambiente en que la empresa se desenvuelve (estabilidad, predictibilidad);
- el efecto de la estructura organizacional depende del tipo de innovación (tecnológica –producto, proceso–, no tecnológica –organizacional, de

mercadotecnia—), del grado de innovación (incremental, radical) y de la etapa del proceso de innovación (iniciación, implementación); y

- la estructura varía según la centralización y la formalización organizacional de la empresa.

La interacción estructura - innovación es, por tanto, constitutivamente complicada y dinámicamente compleja, lo que hace difícil, si no imposible, llegar a conclusiones generales de aplicación universal. Así, una determinada estructura de una empresa puede estar favoreciendo la dinámica de una innovación de cierto tipo y grado y en cierta etapa del proceso, mientras que puede estar perjudicando otra innovación de otras características. Además, la situación puede cambiar para ambientes externos diferentes. No obstante, ciertas orientaciones que emergen del conocimiento del fenómeno ayudan, sin duda, a tomar decisiones inteligentes sobre el diseño de las estructuras y su implementación, teniendo en mente las dinámicas de la innovación. A continuación se presentan algunas de las orientaciones pertinentes que se consideran relevantes para empresas que buscan introducir o mejorar sus formas organizacionales para la innovación, con base en las siguientes dimensiones de análisis: a) la centralización / descentralización de la organización; b) la formalización / flexibilización de la organización; c) la verticalidad / horizontalidad en la comunicación y el flujo de información; y d) la estabilidad / complejidad del ambiente externo de negocios. Teniendo en cuenta estas dimensiones de análisis, al final de la sección se hará una introducción a los diseños organizacionales para la innovación.

Dimensiones de análisis para el diseño organizacional

Centralización / formalización organizacional

Rogers (1983), Kim y Srivastava (1998, p. 232) definen la centralización como el grado en el que el poder y el control se concentran en las manos de relativamente pocos individuos; y la formalización como el grado en que la organización hace énfasis en el respeto por las reglas y los procedimientos que deben tener sus miembros al desempeñar sus cargos. Según los autores mencionados, niveles bajos de centralización y formalización favorecen la iniciación de la innovación (aquellas etapas donde la creatividad, la imaginación y la inventiva cobran máxima importancia), puesto que menos énfasis en las jerarquías y más en una amplia participación en el análisis y la toma de decisiones, son convenientes para la difusión de la información, y las

organizaciones flexibles y abiertas son más susceptibles a incorporar nueva información. Por su parte, altos niveles de centralización y formalización favorecen la implementación de la innovación (cuando es necesario pasar de las ideas a los hechos y cobra importancia el trabajo sistemático, coordinado y eficiente), dado que los canales estrictos de autoridad que provee la centralización y una alta formalización, contribuyen a reducir la ambigüedad y el conflicto.

Verticalidad / horizontalidad en la comunicación y el flujo de información

Las organizaciones usan dos formas de establecer canales de comunicación: los canales verticales, usados principalmente para el flujo de información entre la alta dirección y la base de la organización con propósitos de supervisión y control; y los canales horizontales, para el flujo de información entre las distintas dependencias de la organización que se requiere para permear las barreras departamentales y coordinar actividades.

Usualmente, la comunicación vertical toma la forma de planes, programas, circulares o memorandos de la gerencia, manuales, normas, procedimientos y reglas, cuando procede de arriba abajo. En sentido contrario, toma la forma de informes, reportes, registros en bases de datos y comunicaciones escritas mediante medios permitidos. La comunicación horizontal se establece mediante sistemas de información para la coordinación y ejecución del trabajo, tanto estructurados (bases de datos y aplicativos para la gestión de los distintos sistemas organizacionales) como desestructurados (redes sociales, blogs corporativos, etc.), al igual que mediante la definición de roles de enlace para ciertos cargos o personas, la conformación de equipos interdepartamentales y las facilidades locativas y ambientales para el contacto y la interacción personal y de los equipos de trabajo.

Estabilidad / complejidad del ambiente externo de negocios

Para considerar el efecto del ambiente externo de negocios sobre la organización de la empresa, con frecuencia se recurre a la propuesta de Robert Duncan (1972) conocida como 'Duncan's complexity-change framework' (figura 24). Esta propuesta se basa en configurar un marco de análisis basado en dos dimensiones: la complejidad del ambiente, que adopta los valores simple-complejo, y la estabilidad del mismo, con los valores estable-inestable. El cruce de estas dimensiones da como resultado un espacio de

cuatro cuadrantes, que va desde el ambiente menos incierto (simple-estable) al más incierto (complejo-inestable). Estas dimensiones son definidas de la siguiente forma por Duncan (1972, p. 325): la dimensión simple-compleja se define según el número de factores que se tienen en cuenta en la toma de decisiones; la dimensión estático-dinámica se define como el grado en que esos factores del entorno de la unidad de decisión permanecen básicamente iguales en el tiempo o están en un proceso continuo de cambio.

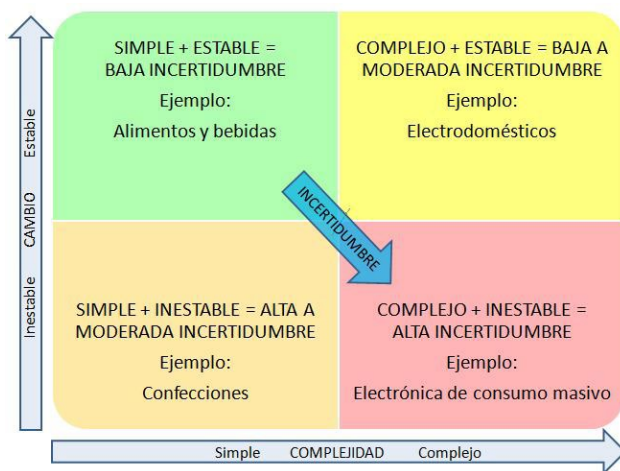


Figura 24. Marco de análisis de Duncan para el ambiente externo
Fuente: elaboración del autor con base en Duncan (1972).

Modelos de análisis

A partir de las anteriores dimensiones, se configuran varias propuestas de modelos para el análisis de las formas organizativas de las empresas. Una propuesta a la cual se recurre ampliamente en la literatura es la que clasifica a las organizaciones en ‘mecanicistas’ y ‘orgánicas’ (Zaltman, Duncan & Holbek, 1973). En el cuadro 11 se resumen las principales características de estos tipos de organización.

Cuadro 11. Organizaciones mecanicistas y orgánicas

Mecanicistas	Orgánicas
• Las actividades se dividen en partes separadas y especializadas. • Las actividades son definidas rígidamente. • Hay una línea estricta de autoridad y control y muchas reglas. • El conocimiento y el control de las actividades se centralizan en la alta dirección. • La comunicación es predominantemente vertical. • Los empleados trabajan colaborativamente en la realización de las actividades. • Las actividades son ajustadas y redefinidas mediante trabajo en equipo. • Hay menos rigidez y capas jerárquicas y de control y pocas reglas. • El conocimiento y el control de las actividades se localizan en todas partes de la organización. • La comunicación es predominantemente horizontal.	

Fuente: elaboración del autor con base en Zaltman, Duncan y Holbek (1973, p. 131).

En términos de las dimensiones de análisis expuestas arriba, las formas mecanicistas corresponden a organizaciones altamente centralizadas, formalizadas y donde predomina la comunicación vertical. Las formas orgánicas describen organizaciones descentralizadas, flexibles y cuya comunicación es predominantemente horizontal. Estas categorías deben entenderse como los extremos de un continuo, en el que la mayoría de las empresas muestran características mixtas, generalmente con cierta inclinación hacia uno de los polos.

Respecto a su capacidad de enfrentar el ambiente de negocios, se ha encontrado que las formas mecanicistas de organización se adaptan más a ambientes estables, mientras que las formas orgánicas son más aptas para ambientes inestables. Ambas formas, sin embargo, son capaces de lidiar con la mayor o menor complejidad del ambiente. Por otra parte, se ha encontrado también cierta relación entre estas formas organizacionales y el tamaño de las empresas. Las empresas grandes tienden a conformar organizaciones mecanicistas para lidiar con su complejidad interna, mientras que las empresas pequeñas se sienten confortables con formas orgánicas.

El diseño organizacional para la innovación

En esta dimensión de análisis, los aportes más relevantes se orientan hacia el diseño organizacional para la I+D y la organización de equipos de

trabajo. Respecto al primer tema, DeSanctis, Glass y Ensing (2002) proponen una clasificación de posibles diseños organizaciones basada en la centralización / descentralización de las actividades de I+D y en los nexos que establecen las unidades de I+D con otras dependencias de la empresa y agentes externos, así:

- Modelos descentralizados, que establecen las unidades de I+D cerca o dentro de las Unidades Estratégicas de Negocio.
- Modelos de red, que vinculan las **UEN** a fuentes internas y externas de I+D.
- Modelos integrados, que combinan unidades descentralizadas con una unidad central de I+D y establecen mecanismos de comunicación especiales para manejar la integración.

Algunas de las conclusiones del trabajo de DeSanctis, Glass y Ensing son:

- La descentralización de las actividades de I+D en diferentes **UEN** suele aumentar los costos de la I+D. En este sentido, la centralización de estas actividades aumenta la eficiencia en el uso de recursos.
- Además de ser más eficientes en términos de uso de recursos, las unidades centrales de I+D son más adecuadas para emprender innovaciones radicales, dada su relativa independencia de las urgencias de las **UEN**, por lo que pueden enfocarse en objetivos de más largo plazo.
- Se observa una tendencia hacia modelos que favorecen el trabajo colaborativo y en red, propiciando el aprovechamiento de las capacidades de I+D de universidades, centros de investigación, nuevos emprendimientos empresariales, alianzas con otras empresas, etc.
- No hay un diseño que pueda catalogarse como ‘el mejor’; el diseño más apropiado para cada empresa emerge de una confluencia de factores como las metas de la empresa, sus recursos e infraestructura, las oportunidades del mercado, etc. Además, depende del tipo de estrategia de innovación de la empresa: los modelos descentralizados responden mejor a estrategias de innovación defensivas, dada la cercanía de la I+D a las necesidades del mercado atendido por la **UEN**; los modelos de red son apropiados para estrategias de liderazgo, dadas las posibilidades que abren al desarrollo, conocimiento y dominio de nuevas tecnologías; y los modelos integrados apoyan mejor las estrategias mixtas, que buscan defender los mercados actuales de la empresa con estrategias defensivas

(a través de las unidades de I+D descentralizadas) y abrir nuevas oportunidades tecnológicas con estrategias de ofensivas o de liderazgo (a través de la unidad central de I+D).

- En cualquier caso, son factores de éxito: a) la alineación estratégica de los esfuerzos de I+D con las estrategias corporativas y de negocio; b) el compromiso y la participación directa del personal directivo de la empresa en las decisiones y actividades clave que afectan la I+D; c) una cultura orientada hacia el emprendimiento y la comunicación, vinculando a todas las partes interesadas de una manera activa y permanente; d) la asignación inteligente de recursos y esfuerzos, privilegiando el alcance de niveles de excelencia donde realmente importa; e) la orientación externa de las actividades de I+D, buscando complementar las capacidades internas con las de aliados externos; y f) la adopción flexible de diseños organizacionales que usen estructuras cambiantes y canales de comunicación variables según lo exijan las circunstancias.

Las opciones de diseño organizacional para las Pyme con una o muy pocas UEN que compartan una base tecnológica común, se reducen drásticamente frente a lo planteado anteriormente, más aplicable a corporaciones con varias UEN y diversificadas en sus tecnologías y mercados. Para este tipo de Pyme, una unidad de I+D+i con capacidad de gestión del sistema y de ejecución de los proyectos de I+D+i puede ser suficiente. Esta unidad puede atender la gestión del sistema a través de un comité de innovación o instancia colegiada similar, en la que se debe garantizar la presencia de directivos clave de la empresa. El comité de innovación (o similar) debe tener la máxima autonomía posible para agilizar la toma de decisiones, cuidando de involucrar e informar cuando sea necesario a la junta directiva, para asegurar su compromiso y garantizar la alineación estratégica de la I+D+i con la estrategia de negocio.

De manera genérica, una estructura organizacional básica para la gestión de la innovación descansa en las siguientes instancias:

- Un comité de innovación de nivel directivo
- Una unidad de I+D+i
- Una dependencia que brinde apoyo mercadotécnico
- Una dependencia que brinde apoyo administrativo y financiero
- Una dependencia que brinde apoyo técnico

El comité de innovación es responsable de formular y hacer seguimiento de la estrategia de innovación de la empresa; en particular, toma las decisiones relativas a las intenciones de estrategia; define las metas e indicadores para la estrategia; identifica las áreas de interés estratégico de la empresa y establece los criterios para la toma de decisiones sobre los proyectos de I+D+i; aprueba las inversiones y los presupuestos; y asegura la inclusión de la dimensión de la innovación en la estructura organizacional de la empresa.

Respecto a su constitución, el comité de innovación está presidido por el gerente general de la empresa e integrado por los gerentes o directores funcionales; su secretaría técnica y administrativa está a cargo del director de I+D+i (o equivalente), con el apoyo logístico de su equipo de trabajo. Se reúne periódicamente de manera ordinaria, según se establezca en su reglamento operativo, y extraordinariamente por convocatoria motivada de alguno de sus miembros.

La unidad de I+D+i es responsable de la implementación de la estrategia de innovación. En particular, I+D+i lleva a cabo los procesos de gestión de la innovación, bajo la dirección y coordinación del comité de innovación y con el apoyo mercadotécnico, administrativo, financiero y técnico de las dependencias respectivas. I+D+i depende directamente del gerente general y organiza sus proyectos matricialmente, conformando equipos de peso liviano, equipos de peso pesado o equipos autónomos, según sea necesario, integrando instituciones y personal externo en la medida de las exigencias de los proyectos.

Es necesario tener en cuenta que, con frecuencia, sobre todo en las Pyme, los proyectos de I+D+i carecen realmente de un componente de I+D y sirven de canales de adopción de tecnologías existentes, incluso maduras, pero que son nuevas para la empresa. El componente 'D' (Desarrollo Experimental) también se hace presente con alguna frecuencia en los proyectos de I+D+i de las Pyme, cuando es necesario desarrollar productos o procesos nuevos para la empresa.

Respecto a la organización de los equipos de trabajo para la I+D+i, la clasificación de equipos funcionales, livianos, de peso pesado y autónomos (Clark y Wheelwright, 1992), es útil para entender las alternativas, posibilidades y limitaciones de los equipos de I+D+i. En la figura 25 se ilustran estas cuatro configuraciones organizacionales. A continuación se hará una breve descripción de sus características.

Estructura de equipos funcionales: usual en firmas grandes y maduras; los equipos se conforman bajo el liderazgo de un especialista y del respectivo gerente, con miembros de una misma área funcional. Los proyectos son cuidadosamente especificados, de modo que la responsabilidad de su ejecución pasa de un área funcional a la siguiente, con reuniones ocasionales de coordinación. Su fortaleza reside en la alineación entre autoridad y responsabilidad (los jefes son los responsables del proyecto) y en la alta especialización de los equipos de trabajo. Sin embargo, las transiciones entre áreas funcionales ocasionan frecuentes roces, debido a la dificultad de establecer claramente desde el principio las actividades y su división entre áreas. Los logros parciales pueden dar lugar a reconocimientos en el área funcional respectiva, que pueden contribuir al desarrollo de las carreras individuales de los miembros del proyecto; no obstante, el proyecto termina siendo una secuencia de actividades, responsabilidades y logros que pasa de un área a otra sin que nadie asuma la responsabilidad de los resultados finales.

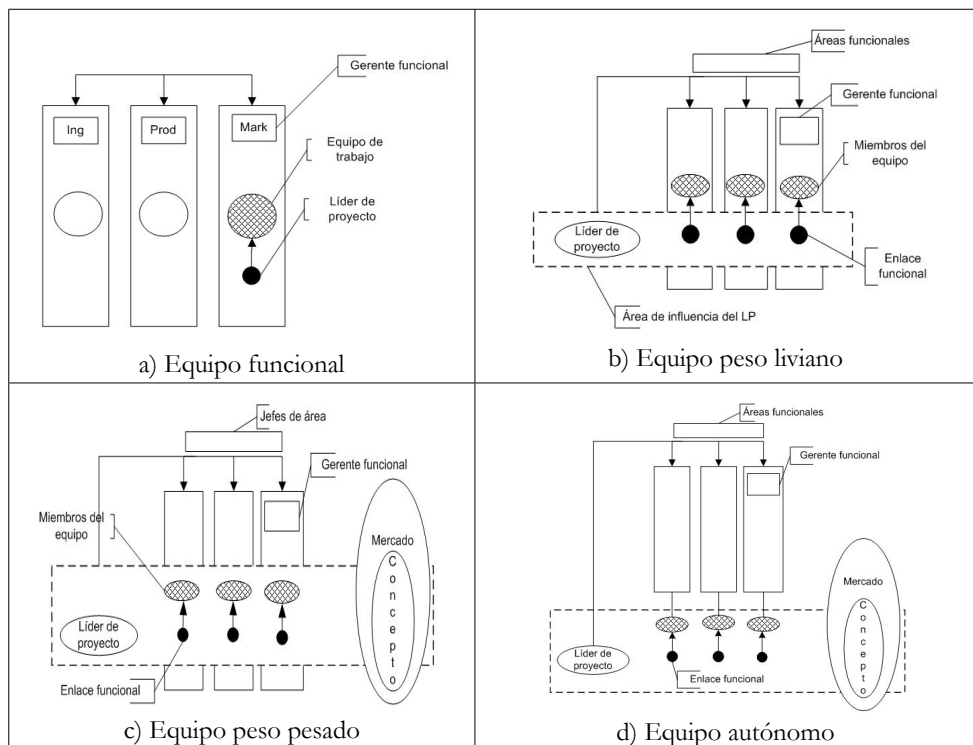


Figura 25. Equipos de trabajo para la I+D+i
Fuente: elaboración del autor con base en Clark y Wheelwright (1992).

Estructura de equipos livianos: en esta forma de organizar el trabajo, el equipo del proyecto está conformado por personas asignadas al proyecto en cada área funcional. Sin embargo, solamente una persona de cada área, el enlace funcional, es responsable del área ante el líder del proyecto. De esta manera, los enlaces funcionales tienen que responder ante el líder por la participación del área en el proyecto, pero también tienen que responder ante su jefe de área funcional por sus responsabilidades usuales. El equipo se denomina 'liviano' por dos razones: primero, el líder del proyecto tiene un rango jerárquico medio; y segundo, los integrantes del proyecto siguen bajo la responsabilidad de los jefes de las respectivas áreas funcionales, sin que el líder tenga autoridad para disponer de ellos según las necesidades del proyecto. Además, el líder del proyecto está dedicado al mismo solo parcialmente, sin que su dedicación temporal supere el 25% de su tiempo.

Las fortalezas y debilidades de estos equipos son similares a las de los equipos funcionales; la mayor diferencia es que, debido a la presencia del líder del proyecto y los enlaces funcionales, mejora la coordinación y comunicación del trabajo. No obstante, el poco peso jerárquico del líder del proyecto y el hecho de que los integrantes del equipo estén todavía bajo la autoridad de sus jefes de área funcional, hace que las ganancias en eficiencia, velocidad y calidad en la ejecución del proyecto sean difíciles de obtener. Usualmente, esto lleva a una situación complicada para el líder, que se ve a sí mismo con una gran responsabilidad y sin la autoridad necesaria para gestionar el proyecto.

Estructura de equipos pesados: a diferencia del equipo de peso liviano, en este caso el líder del proyecto tiene el mando directo sobre los integrantes asignados por cada área funcional, apoyándose en el conocimiento y la supervisión de enlaces funcionales. Además, su rango jerárquico es alto en la organización, algunas veces incluso superando al de los jefes funcionales, y posee gran ascendiente sobre los miembros de la organización. No obstante, los integrantes del proyecto siguen perteneciendo a sus respectivas áreas funcionales, en las que desarrollan su carrera y son evaluados, puesto que su asignación al proyecto es temporal, aunque el líder puede hacer recomendaciones significativas como resultado de su desempeño en el proyecto.

Estructura de equipos autónomos: la mayor diferencia de esta forma de organizar el trabajo respecto a los equipos de peso pesado, es que los miembros del equipo son formalmente asignados al proyecto de tiempo

completo y relocalizados en un nuevo espacio de trabajo, bajo la autoridad del líder, quien recibe total autonomía y control de los recursos. Correspondientemente, el líder del proyecto es el principal responsable del éxito o fracaso del proyecto.

La fortaleza principal de esta estructura es la autonomía y la posibilidad de enfocarse por completo en el éxito del proyecto, sin injerencia de otras dependencias de la organización. De esta manera, los equipos pueden abordar innovaciones radicales con gran libertad, generando la posibilidad de transformaciones de gran alcance en la organización que pueden dar lugar a nuevas unidades de negocio o, incluso, nuevas empresas. Sin embargo, debido a esta autonomía, luego de completarse el proyecto, es posible que algunos de sus integrantes encuentren dificultad para regresar a sus cargos funcionales originales. Además, es normal que la alta dirección de la empresa sea reticente a la conformación de este tipo de equipos, que se pueden salir fácilmente de control y terminar generando rupturas internas perjudiciales para la organización.

Procesos organizacionales de innovación

La figura 26 representa, de manera genérica, el tipo de procesos que deben ser gestionados como componentes del sistema de gestión de la innovación, así como su relacionamiento. A continuación se hace una descripción básica de cada uno de los procesos, advirtiéndole que la configuración y terminología utilizadas en las empresas puede variar tanto como número de empresas hay, pues cada organización es única y esto se refleja, obviamente, en el diseño de sus sistemas organizacionales.

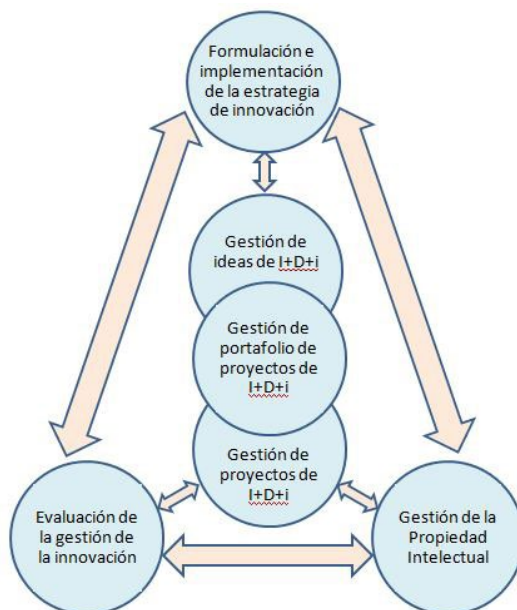


Figura 26. Mapa de procesos del sistema de gestión de la innovación

Adicionalmente, es necesario recordar que los procesos organizacionales poseen la característica de la recursividad, es decir, un proceso puede ampliarse y convertirse en varios procesos a partir del desdoble de algunas de sus actividades; a la inversa, varios procesos pueden integrarse en uno solo, convirtiéndose en actividades dentro del nuevo macroproceso. La ‘granularidad’ de los procesos depende de múltiples factores, incluyendo el interés de la organización en determinadas actividades y el grado de detalle con que se desee documentar los procesos o parte de ellos.

Como ejemplo de lo anterior, el subproceso Gestión de Ideas de I+D+i (figura 31) incluye una actividad de promoción de ideas que, mirada de cerca, puede constituir un proceso organizacional en sí misma. Algo similar podría decirse de las actividades de análisis de los entornos de negocio y tecnológico que aparecen en el subproceso Formulación e Implementación de la Estrategia de Innovación (figura 27), y de la actividad de valoración y negociación de la propiedad intelectual del subproceso Gestión de la propiedad intelectual (figura 28), que podrían documentarse con mayor grado de detalle en forma de procesos.

Formulación e implementación de la estrategia de innovación (figura 27)

A partir del análisis situacional y considerando los cambios externos producidos en los entornos de negocios y tecnológico, los cambios internos reflejados en la evolución del modelo y la estrategia de negocios, y los resultados de la evaluación de la gestión de la innovación, los directivos de la empresa definen la pertinencia y oportunidad de incorporar cambios en la estrategia de innovación¹⁹. Una vez formulada, la implementación de esta estrategia se da principalmente vía a los criterios y las decisiones tomadas en los puntos de control de la gestión de las ideas, del portafolio y de los proyectos de I+D+i. En este sentido, la estrategia de innovación debe iluminar la generación de ideas, la formulación de proyectos y la selección y priorización de ideas y proyectos, buscando que de allí surjan innovaciones valiosas para la organización.

Gestión de la propiedad intelectual (figura 28)

La política de propiedad intelectual es definida por el nivel directivo de la empresa, incluyendo su revisión en consonancia con la evolución del entorno tecnológico, con los cambios que surjan en el modelo y las estrategias de negocio e innovación, y según los resultados de la evaluación de la gestión de la innovación. Dicha política debe orientar las cláusulas de propiedad intelectual y confidencialidad en contratos y convenios, así como el manejo de estos temas en las convocatorias de presentación de ideas (sobre todo cuando estas convocatorias se abren a la participación de agentes externos a la organización) y en la formulación y ejecución de los proyectos de I+D+i.

El manejo de la propiedad intelectual en la formulación y ejecución de proyectos de I+D+i tiene dos caras: por una parte, el manejo de la propiedad intelectual propia o que pueda resultar del proyecto para la empresa y sus aliados; por otra, el manejo de la propiedad intelectual que aporten los aliados o que haya que licenciar o adquirir de terceras partes.

A medida que los proyectos van arrojando resultados que puedan evaluarse a la luz de la propiedad intelectual, la empresa debe decidir la necesidad y la modalidad de las protecciones aplicables. En caso positivo, deben hacerse los trámites respectivos según la modalidad de protección. Una vez

¹⁹ La formulación de la estrategia de innovación se trata con detalle en el capítulo 6, 'Gestión estratégica de la innovación'.

obtenida la protección, la empresa debe valorar la propiedad obtenida, mantenerla vigente y explotarla directamente o mediante negociación con socios tecnológicos, industriales y comerciales.

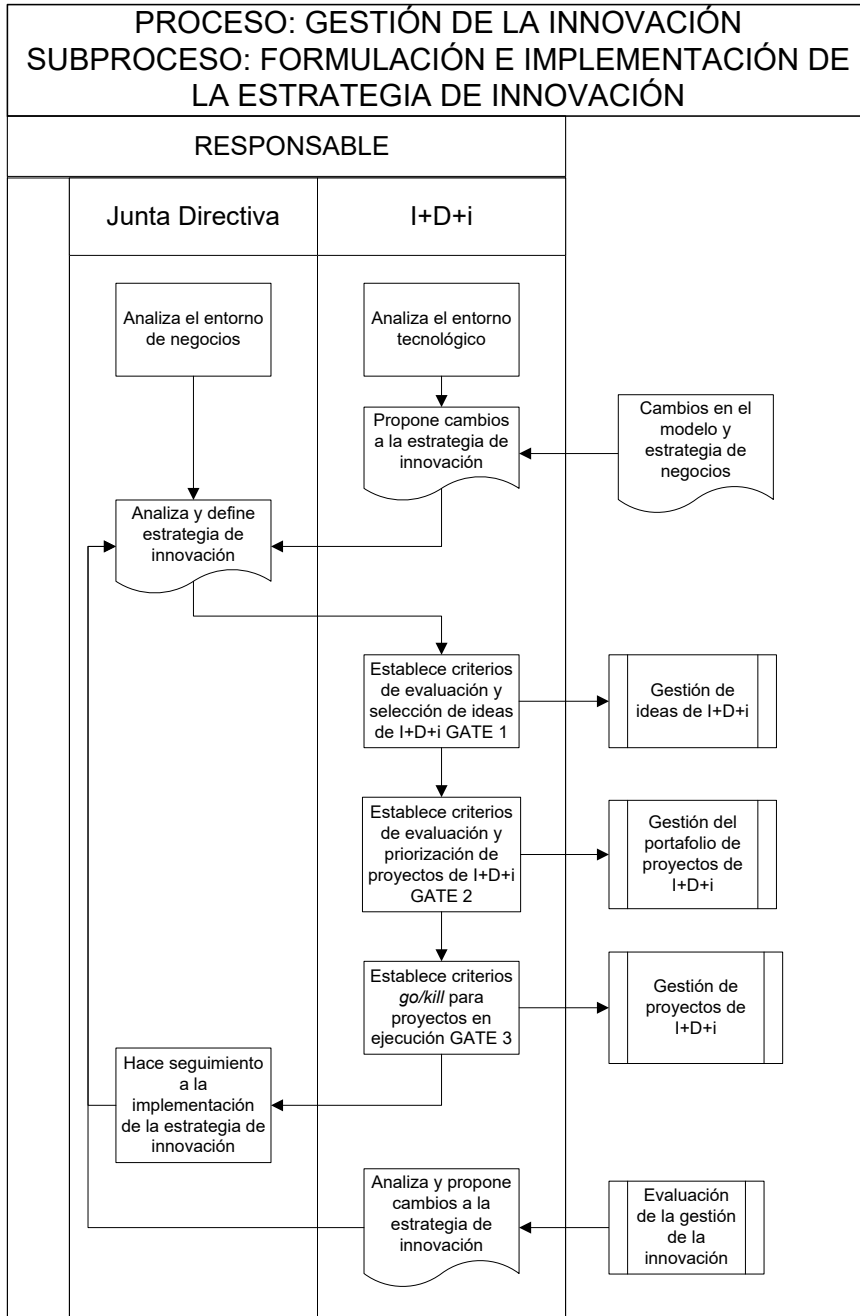


Figura 27. Formulación e implementación de la estrategia de innovación

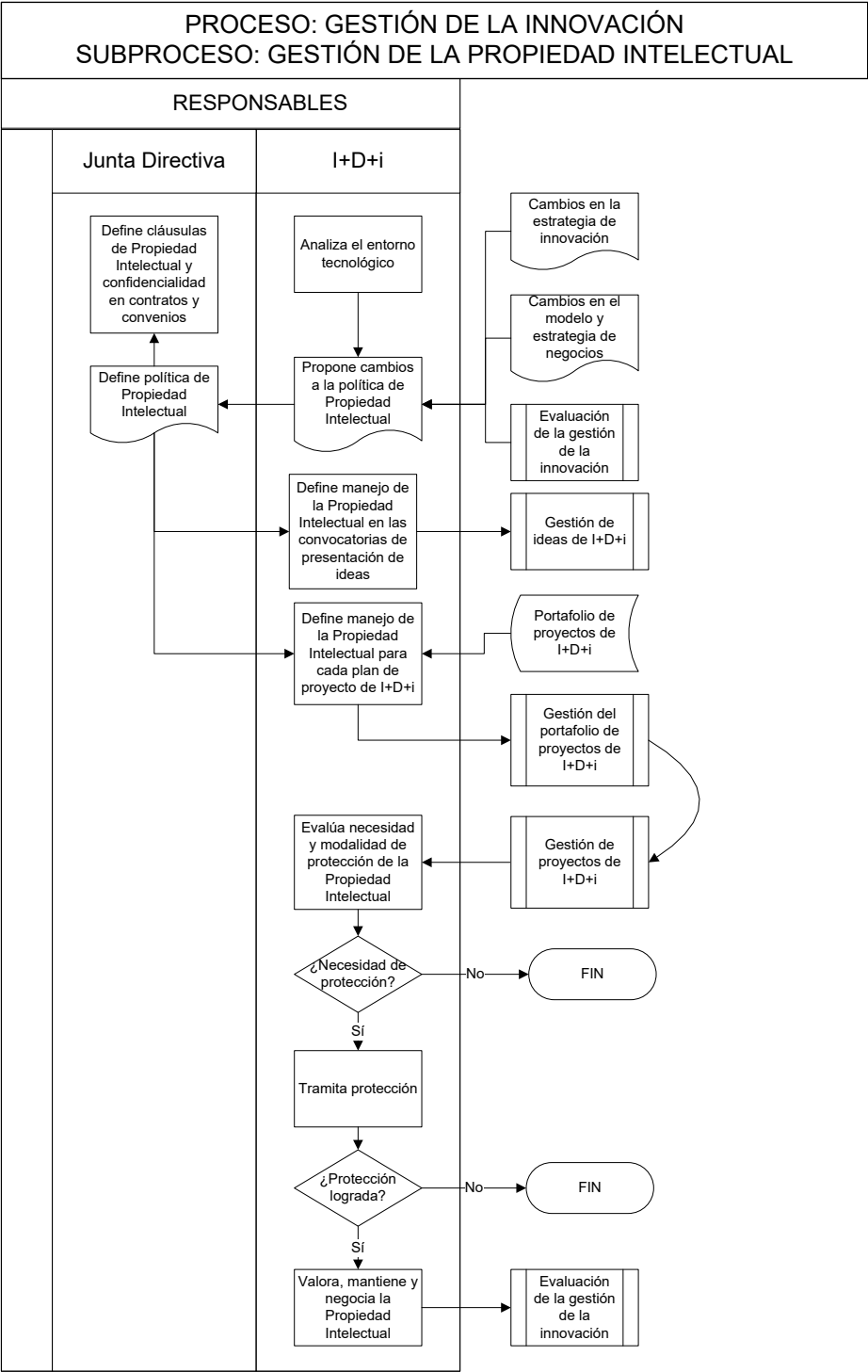


Figura 28. Gestión de la propiedad intelectual

Evaluación de la gestión de la innovación (figura 30)

Todo proceso organizacional requiere una etapa de cierre del ciclo de gestión. En este sentido, la evaluación de la gestión de la innovación tiene como insumos los resultados de la gestión de proyectos de I+D+i y los resultados de la gestión de la propiedad intelectual. Al análisis de los resultados anteriores se integran los resultados del ejercicio de referenciación competitiva (*benchmarking*) de capacidades y resultados de innovación, para producir el diagnóstico de gestión de la innovación. Para el ejercicio de referenciación competitiva es importante actualizar el *benchmarking* de indicadores, documento que presenta las empresas utilizadas como referentes, los indicadores y valores de referencia, y los criterios empleados para seleccionar los *benchmarks*.

A partir del diagnóstico de gestión de la innovación, los directivos de la empresa analizan y definen posibles cambios a la estrategia de innovación, cerrando el ciclo de gestión. Además, el diagnóstico abre oportunidades de mejora y actualización del modelo de gestión de la innovación y de elaboración o reelaboración del plan de consolidación de dicha gestión.

Gestión de ideas, del portafolio y de los proyectos de I+D+i

La gestión de este conjunto de componentes (ideas, portafolio y proyectos de I+D+i) constituye la columna vertebral de la gestión de la innovación. La innovación no puede surgir sin muchas y buenas ideas; la gestión del portafolio asegura la selección y combinación correcta de proyectos formulados a partir de las ideas; y la gestión de los proyectos conduce a las innovaciones, resultado final del proceso.

Para la gestión de ideas, portafolio y proyectos de I+D+i se propone un proceso organizacional tipo etapa-puerta iterativo, de cuatro etapas y tres puertas, como se ilustra en la figura 29. La iteratividad de este proceso recoge el hecho de que la innovación es normalmente el resultado de una secuencia de proyectos que avanza por fases o ciclos, hasta lograr el propósito último que es la implementación de la innovación cuando no es forzada su terminación en las puertas 2 o 3.

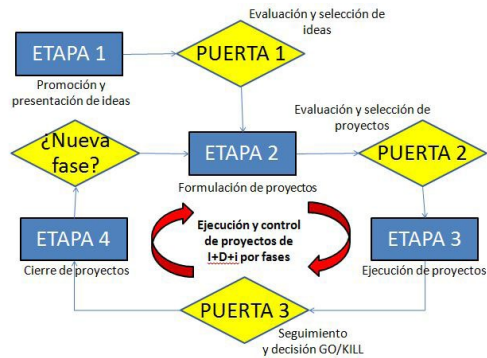


Figura 29. Proceso etapa-puerta para la gestión de ideas, portafolio y proyectos de I+D+i

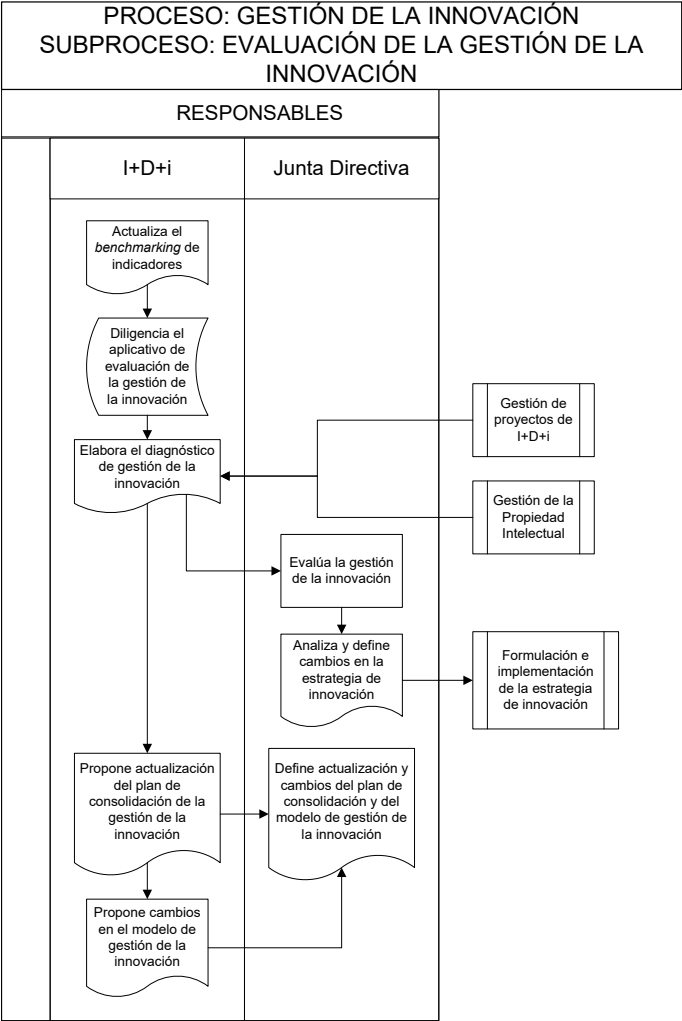


Figura 30. Evaluación de la gestión de la innovación

Gestión de ideas de I+D+i (figura 31)

La gestión de ideas de I+D+i garantiza la promoción, recepción, clasificación, evaluación, selección, almacenamiento y seguimiento de ideas. Constituye la etapa y la puerta 1 del proceso etapa-puerta de la figura 29. Generalmente, la aplicación de técnicas de promoción de la creatividad para la generación de ideas da como resultado múltiples ideas de todo tipo, que es preciso clasificar y dirigir hacia los sistemas de gestión adecuados (el sistema de gestión de la calidad para las ideas de mejoramiento continuo y el sistema de gestión de la innovación para las ideas de I+D+i). Intentar clasificar las ideas en la fuente no es usualmente recomendable, dada la dificultad que puede tener para ciertas personas hacer la clasificación, por lo que esta actividad se debe dejar para un comité de expertos. Además, puede surgir un tercer tipo de ideas que, por sus resultados obvios, su sencillez y bajo costo no ameriten pasar por revisión de expertos para decidir sobre su implementación.

La creatividad para la generación de ideas debe promoverse permanentemente en la empresa mediante ambientes y técnicas desarrolladas para tal fin²⁰. Algunas de estas técnicas son aplicables al trabajo con proveedores, contratistas, clientes y usuarios, para propiciar y canalizar sus ideas, aportes y propuestas al sistema de gestión de la innovación. Las ideas pueden recibirse permanentemente o en el marco de convocatorias abiertas por la empresa para tal fin. Las estructuras y ambientes adecuados y la aplicación de técnicas de creatividad son fundamentales para un buen comienzo del proceso de innovación, pues sin buenas ideas en cantidad suficiente, la innovación es poco probable. Sin embargo, quizás es todavía más importante que la empresa haya desarrollado las capacidades complementarias de innovación que se requieren para transformar las ideas en realidades concretas. Sin estas capacidades, la creatividad es fútil y, rápidamente, la falta de realizaciones lleva al desánimo, al desgaste de las técnicas y al fracaso del sistema. En este sentido, la empresa debe lograr un sano equilibrio entre la capacidad de promover la creatividad para la generación de ideas y la capacidad para llevar a cabo las ideas.

Las ideas de I+D+i recibidas deben alimentar un banco de ideas de I+D+i de consulta interna pública, de forma que la empresa vaya constru-

²⁰ Algunas de estas técnicas se presentan en el capítulo 10, 'Herramientas para la gestión de la innovación'.

yendo una memoria colectiva de ideas que inspire la generación de nuevas ideas, evite la duplicidad, facilite el trabajo colectivo y socialice los criterios y conceptos que llevaron a su aprobación o aplazamiento. En este sentido, el banco de ideas debe registrar no solo los datos pertinentes a la descripción de la idea y otros campos de información directamente asociados a la misma (fecha de presentación, autor, promotor, etc.), sino también información sobre su evaluación y seguimiento.

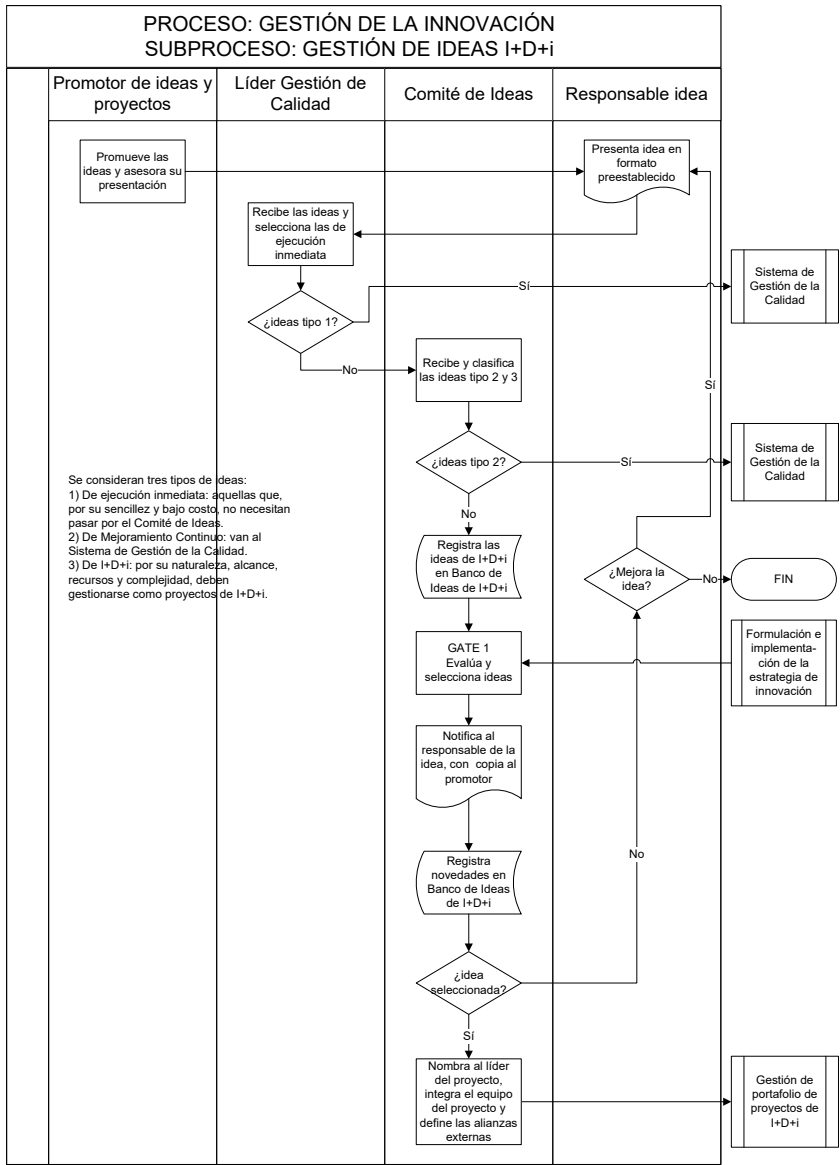


Figura 31. Gestión de ideas de I+D+i

La gestión de ideas incluye la puerta 1 (Gate 1), en la que se evalúan y se seleccionan las que pasan a formularse como proyectos. Para esta evaluación se sugiere un método de lista de chequeo, similar al que se presenta como ejemplo en el cuadro 12, que garantice que se aplacen las ideas que claramente no cumplan con algún criterio crítico de selección. Sin embargo, se recomienda que se dé paso a la siguiente etapa a aquellas ideas que generen dudas en la verificación de alguno de los criterios de la lista de chequeo, debido a que tales dudas pueden surgir por la poca información disponible en esta etapa; de esta manera se evita matar prematuramente una idea que, en presencia de información más completa (como la que se posee una vez haya sido formulada como proyecto), pueda resultar altamente promisorio.

Cuadro 12. Ejemplo de lista de chequeo para la puerta 1

Requisito La idea está bien formulada: es clara, completa y coherente y no es susceptible de mejora. En caso contrario, se debe devolver al proponente para su reformulación y presentación como una nueva idea, con sugerencias de mejora.
Criterio 1: alineación estratégica La idea está adecuadamente alineada con las prioridades estratégicas de la empresa.
Criterio 2: viabilidad La idea es viable técnica, comercial y legalmente.
Criterio 3: costos Los costos financieros de desarrollar e implementar la idea pueden ser cubiertos por recursos al alcance de la empresa (propios y/o externos).
Criterio 4: beneficio El beneficio para la empresa generado por la implementación exitosa de la idea es razonablemente alto para asumir los riesgos (técnicos y comerciales) y cubrir los costos financieros.
Criterio 5: impactos sociales La implementación exitosa de la idea no genera impactos sociales negativos o, si los genera, la empresa los puede contrarrestar adecuadamente.
Criterio 6: impactos ambientales La implementación exitosa de la idea no genera impactos ambientales negativos o, si los genera, la empresa los puede contrarrestar adecuadamente.
Resultado Aprobada. Si la idea cumple con todos los criterios. Aplazada. Si la idea no cumple claramente con alguno de los criterios. En caso de duda, se recomienda aprobar, con recomendaciones para tener en cuenta en la formulación del proyecto.

Finalmente, para cada idea de I+D+i aprobada que pasa a formulación de proyecto se debe nombrar al líder del mismo e integrar el equipo que lo apoyará, así como definir las alianzas con entidades externas (contratistas, proveedores, grupos de investigación de universidades y centros de investigación, otras empresas, etc.). Algunas de las decisiones que se tomen en este punto pueden ser preliminares y dar lugar a revisiones posteriormente, ya sea durante la formulación del proyecto o al momento de definir su aprobación y puesta en marcha. En todo caso, es conveniente tomar decisiones sobre la integración del equipo del proyecto y el trabajo con aliados externos, lo más rápidamente posible luego de la aprobación de la idea. Idealmente, las personas e instituciones clave para el éxito del proyecto deben participar en la formulación del mismo, buscando la integración efectiva de aportes críticos y el compromiso de todos durante su ejecución, si eventualmente el proyecto pasa a esta etapa.

Gestión del portafolio de proyectos de I+D+i (figura 32)

La gestión del portafolio de proyectos de I+D+i comprende la etapa y la puerta 2 del proceso etapa-puerta (figura 29). Esta gestión debe garantizar la selección objetiva y transparente de un conjunto de proyectos de I+D+i alineados con la estrategia del negocio, que focalicen los esfuerzos, representen una asignación eficiente de los recursos, generen alto beneficio y provean un adecuado equilibrio entre el riesgo y la rentabilidad y entre el corto y el largo plazo. Además, la gestión del portafolio de proyectos de I+D+i debe convertirse en un medio de comunicación de prioridades y de socialización de las decisiones que promueva la cultura de la innovación.

La formulación de un proyecto de I+D+i se recoge usualmente en un documento denominado ‘perfil o configuración del proyecto’ (*project outline, project setup*), aunque esta denominación es variable y puede cambiar también según el tipo de innovación o la fase de desarrollo del proyecto. Por ejemplo, la estructura de contenido de un proyecto de investigación aplicada puede ser diferente a la de un proyecto de desarrollo experimental. Además, la formulación de un proyecto no es tarea fácil en lo metodológico ni respecto a su contenido, por lo que los equipos de proyecto constituidos para su formulación deben de ser apoyados por personal experto, usualmente del área de I+D+i para el apoyo metodológico, del área de mercadeo para los estudios de mercado y del área financiera para los análisis económicos. Otras asesorías especializadas deben proveerse oportunamente, de manera

que el resultado sea un proyecto bien formulado que provea la información necesaria para su evaluación en la puerta 2.

El conjunto de proyectos formulados da lugar al portafolio de proyectos de I+D+i, que cumple un papel similar al del banco de ideas, pero obviamente para los proyectos de este tipo. De esta manera, se obtiene una base de datos que, entre otros usos, permite la construcción de indicadores de I+D+i y la aplicación de técnicas de visualización y análisis de los proyectos para la toma de decisiones.

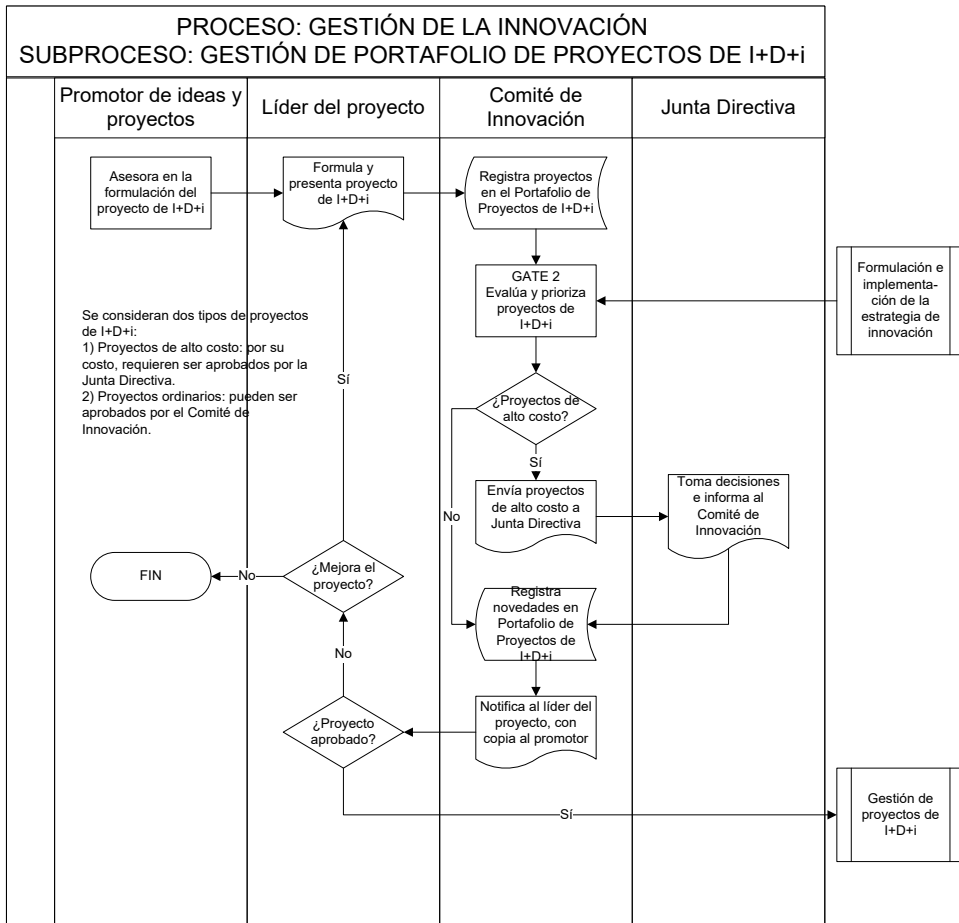


Figura 32. Gestión del portafolio de proyectos de I+D+i

Los proyectos formulados son evaluados y priorizados en la puerta 2 (Gate 2). El diagrama de proceso de la figura 32 sugiere diferenciar proyectos de alto y bajo costo relativo, con el fin de proporcionar autonomía al

comité de innovación para tomar decisiones de asignación de recursos hasta cierto monto. Esto puede ser útil para agilizar el trámite de proyectos de bajo costo o de fases de proyectos de innovación que no impliquen erogaciones significativas. En cualquier caso, es importante que la dirección de la empresa tenga acceso permanente a información sobre las decisiones tomadas, función comunicativa que puede desempeñar un portafolio de proyectos de I+D+i que registre adecuadamente el seguimiento a dichas decisiones.

La evaluación de los proyectos en este punto de control suele ser un tema difícil, dadas las múltiples opciones estratégicas, la amplitud de la información involucrada, los riesgos e incertidumbres presentes y la complejidad de ciertas técnicas de análisis y evaluación que se pueden necesitar²¹. En este punto y como una forma relativamente sencilla de introducirse en el tema, se sugiere apoyar la selección y priorización de proyectos mediante un método de análisis jerárquico (Analytic Hierarchy Process) y sumas ponderadas, que cuantifique y califique criterios y dimensiones de evaluación. Es recomendable definir estas dimensiones al menos para dos tipos de proyectos: aquellos cuyos resultados son cuantificables económicamente (ventas, reducción de costos, eliminación o reducción de tasas retributivas, etc.) y aquellos cuyos resultados no son económicamente cuantificables. En este último caso, una forma práctica de medir los beneficios del proyecto es cuantificar la reducción que aporta en la brecha que separa a la empresa entre la situación actual y la situación deseable y posible. Por ejemplo, una empresa puede identificar una brecha en el nivel de ruido de la planta de procesos y formular un proyecto para tal fin, cuyo beneficio podría cuantificarse por el % de cierre de la brecha identificada.

Gestión de proyectos de I+D+i (figura 33)

Las etapas 3 y 4 y la puerta 3 del proceso etapa-puerta de la figura 29 conforman la gestión de proyectos de I+D+i. El objeto de la gestión en este caso es el proyecto cuya ejecución fue aprobada en la puerta 2. Para ello, el proyecto debe formalizarse internamente y externamente con los socios con quienes se va a ejecutar (si es pertinente), lo cual da lugar usualmente a documentos contractuales que definen las partes, los objetivos, los resul-

²¹ Al respecto, la gestión de portafolios es un tema de estudio soportado por una amplia literatura especializada, que aborda este tipo de problemas. En el capítulo 7 'Gestión de portafolio y proyectos de I+D+i' se proporcionan elementos conceptuales y metodológicos básicos sobre este asunto.

tados esperados, los recursos comprometidos, los informes a presentar, los plazos estipulados, las instancias de dirección y coordinación, los derechos y obligaciones de las partes, las cláusulas de confidencialidad y manejo de la propiedad intelectual y otros asuntos de carácter normativo. Estos contratos y su trámite pueden ser más o menos complicados, dependiendo de múltiples circunstancias asociadas a los proyectos. En todos los casos, el perfil del proyecto o un documento similar debe dar lugar a un plan de trabajo que actúe como referente técnico del proyecto, y debe existir un documento contractual o acta que señale el inicio formal del proyecto y las condiciones administrativas para su ejecución.

La puerta 3 (Gate 3) tiene como propósito evaluar el desarrollo de los proyectos en ejecución y tomar decisiones sobre los ajustes o cambios que deban realizarse para su continuación (de ser pertinente) y, en casos extraordinarios, sobre la integración de proyectos en marcha y el aplazamiento o la terminación de un proyecto que no responda satisfactoriamente a los criterios de evaluación en este punto de control. Para ello, se sugiere en esta puerta un método de lista de chequeo que puede tomar una forma similar a la ilustrada en el cuadro 13.

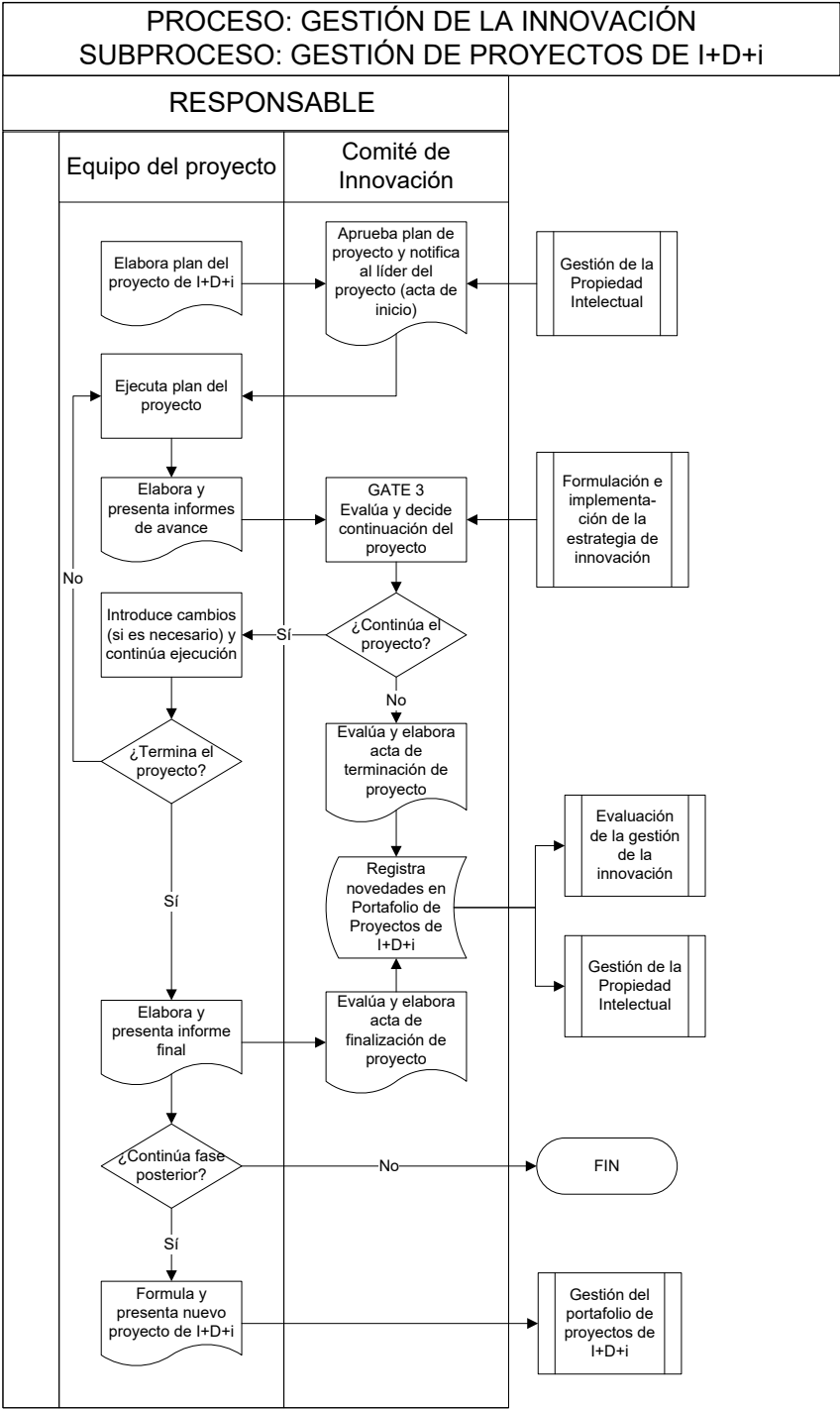


Figura 33. Gestión de proyectos de I+D+i

Cuadro 13. Ejemplo de lista de chequeo para la puerta 3

Criterio 1: cronograma
Los atrasos en el cronograma ocasionan que el proyecto ya no sea oportuno.
Criterio 2: alineación estratégica
Ha habido cambios internos o externos que hacen que el proyecto pierda su interés estratégico.
Criterio 3: viabilidad
El proyecto ha perdido su viabilidad técnica, comercial o legal.
Criterio 4: costos
Los costos financieros de desarrollar e implementar el proyecto se han incrementado por encima de las posibilidades de la empresa.
Criterio 5: beneficios
El beneficio para la empresa generado por la implementación exitosa del proyecto ha disminuido y ya no justifica los riesgos (técnicos y comerciales) y los costos financieros.
Criterio 6: impactos sociales
La implementación de los resultados del proyecto genera unos impactos sociales negativos inaceptablemente altos.
Criterio 7: impactos ambientales
La implementación de los resultados del proyecto genera unos impactos ambientales negativos inaceptablemente altos.
Resultado
EL PROYECTO CONTINÚA SIN CAMBIOS: si la evaluación de todos los criterios es positiva.
EL PROYECTO CONTINÚA CON CAMBIOS: aunque la evaluación de todos los criterios es positiva, hay cambios que deben hacerse.
EL PROYECTO SE INTEGRA CON OTRO PROYECTO: la evaluación de todos los criterios es positiva; sin embargo, los objetivos del proyecto convergen con otro proyecto puesto en marcha y ambos proyectos se benefician si se integran en uno solo.
EL PROYECTO TERMINA: si la evaluación de al menos uno de los criterios es negativa y no hay cambios que puedan resolver la situación.

La puerta 3 también evalúa los resultados finales del proyecto, en caso de que su ejecución haya concluido, y da lugar a la firma del acta de finalización. En este punto de control, igualmente, se decide si es pertinente y oportuno que el proyecto continúe en una nueva fase de desarrollo, caso en el cual el líder del proyecto deberá formular un nuevo perfil o adecuar el de la fase anterior a las características de la nueva fase.

Articulación entre estructura y procesos organizacionales

La estructura y los procesos organizacionales se deben articular cuidadosamente durante el diseño de los procesos. Finalmente, es conveniente

generar una descripción general de la relación entre ambos, como la que se presenta en la tabla 11, a modo de matriz. En esta matriz se cruzan las instancias de la estructura con los procesos organizacionales, señalando las responsabilidades básicas que cada instancia o dependencia tiene respecto a cada proceso. Estas responsabilidades básicas se establecen como: decidir, coordinar, avalar, evaluar, recomendar, concertar, asesorar, implementar, proponer e informar.

Tabla 11. Ejemplo de matriz estructura - procesos

Proceso	Estructura				
	Comité de innovación	Unidad de I+D	Gerencia de Marketing	Gerencia Administrativa y Financiera	Gerencia Técnica
Formulación e implementación de la estrategia de I+D+i	Decidir, coordinar, evaluar, concertar e informar	Coordinar, evaluar, recomendar, implementar, proponer e informar	Recomendar, implementar, proponer e informar		
Gestión de proyectos de I+D+i	Decidir, coordinar, avalar, evaluar, concertar e informar	Decidir, coordinar, evaluar, recomendar, concertar, implementar, proponer e informar	Recomendar, asesorar, implementar, proponer e informar		
Evaluación y protección de la propiedad intelectual	Decidir, avalar y evaluar	Coordinar, recomendar, concertar, proponer e informar	Recomendar, asesorar y proponer		
Evaluación de la gestión de la innovación	Decidir, coordinar, avalar, evaluar, concertar e informar	Coordinar, recomendar, proponer e informar	Informar		

Organización informal e innovación

Entre los componentes de una organización que afectan su desempeño innovador están aquellos que en el capítulo 5 se presentan como relativos

a la *organización informal*. Según Nadler y Tushman (1982), la organización informal hace referencia a los arreglos organizacionales de carácter social (o ‘contexto social organizacional’, en términos de Glisson, 2015), que tienden a desarrollarse, emerger y actuar durante un determinado periodo de tiempo. Estos arreglos suelen ser implícitos y no escritos, pero influyen en el comportamiento de la organización y las actitudes de sus miembros. Incluyen diferentes estructuras, procesos y ajustes que emergen mientras la organización está operando. Estos arreglos a veces complementan los componentes formales de la organización, al proporcionar estructuras para ayudar a su funcionamiento allí donde no existe ninguna. En otras situaciones, pueden surgir como reacción a la estructura formal, para proteger de ella a los individuos. Por lo tanto, determinados componentes de la organización informal pueden ayudar, en unos casos, o dificultar, en otros, el desempeño de la organización.

Tradicionalmente, la aproximación al estudio de la organización informal se ha hecho desde dos perspectivas (Denison, 1996): la de la *cultura organizacional*, más afín a la sociología y la antropología, enfocada en los valores y supuestos subyacentes y más permanentes de la organización informal, interesada en su evolución histórica, y para cuyo estudio utiliza metodologías cualitativas y observaciones de campo de tipo etnográfico. Y la del *clima organizacional*, afín a la psicología, interesada en el análisis de las manifestaciones más superficiales de la organización informal en un determinado momento histórico, para lo cual privilegia el uso de metodologías cuantitativas y aplicación de encuestas.

El concepto de clima organizacional apareció en la década de 1930, asociado al trabajo de Lewin (1939), quien estudió cómo el clima social generado por el líder de un grupo de trabajo afectó el comportamiento de los miembros del grupo; utilizó el término ‘clima’ para captar el impacto psicológico del ambiente de trabajo en el sentido de bienestar, motivación, comportamiento y desempeño de los individuos (Glisson, 2015). El concepto de cultura organizacional, definido como las normas de comportamiento, valores y expectativas compartidas dentro de una organización, surgió en la década de 1970, cerca de 30 años después que el concepto de clima organizacional, asociado al trabajo de Handy (1976) y Pettigrew (1979). El término cultura organizacional proviene de las investigaciones sociológicas y antropológicas centradas en la cultura social de comunidades, grupos indígenas y otros colectivos socialmente definidos (Glisson, 2015).

Tradicionalmente, ambas perspectivas se han considerado excluyentes la una de la otra, pues supuestamente se sitúan en paradigmas científicos irreconciliables. Sin embargo, con frecuencia las investigaciones sobre la relación entre organización informal e innovación tienden a utilizar eclécticamente ambas perspectivas de manera complementaria, buscando identificar factores de clima y cultura organizacional que favorecen u obstaculizan la innovación (ver, por ejemplo, Ahmed, 1998; Glisson, 2015). A continuación, se recoge la propuesta de Kim y Srivastava (1998) sobre variables culturales (o actitudes organizacionales) y aspectos de clima organizacional que afectan la innovación, tanto en sentido positivo como negativo, dando lugar a oportunidades para mejorar su gestión.

Según Kim y Srivastava, las actitudes organizacionales se refieren a rasgos de la cultura organizacional que afectan su interacción con el ambiente externo. Estos autores identifican cinco variables actitudinales que inciden sobre las dinámicas de innovación: la sensibilidad hacia la tecnología, la sensibilidad hacia el precio, la resistencia al cambio, la aversión al riesgo y la apertura a la información externa. El clima organizacional, por su parte, es definido como la calidad y el estilo de las relaciones interpersonales entre los miembros de la organización (Porter, Lawler y Hackman, 1981, citados por Kim y Srivastava, 1998, p. 235). A diferencia de las actitudes, el clima organizacional afecta la interacción entre sus miembros. Kim y Srivastava identifican cuatro aspectos del clima organizacional que inciden sobre la innovación: la interdependencia entre las tareas, la apertura a la comunicación, el apoyo de la alta dirección y el conflicto interdepartamental.

Factores de cultura organizacional

Sensibilidad a la tecnología

Una organización sensible a la tecnología adoptará una actitud proactiva hacia la misma y tomará acciones para desarrollar e incorporar nuevas tecnologías de manera entusiasta. En este tipo de organizaciones se puede constatar un ambiente que incentiva a los individuos y los equipos de trabajo a familiarizarse con las nuevas tecnologías y usarlas, lo cual favorece las condiciones para una rápida difusión y adopción de las innovaciones.

Sensibilidad al precio

Las organizaciones que son sensibles al precio son poco entusiastas a experimentar con las tecnologías emergentes e incorporar innovaciones tempranamente. Sin embargo, tienden a ser eficientes en la asignación de recursos para la innovación.

Resistencia al cambio

A mayor resistencia al cambio, las organizaciones tienden a ser menos innovadoras (Robertson y Wind, 1980, y Damanpour, 1991, citados por Kim y Srivastava, 1998, p. 234). En estas organizaciones, sus miembros y equipos de trabajo no encuentran motivación para participar activamente en iniciativas innovadoras; además, debido a su poca experiencia con la innovación, se encuentran menos preparados para lidiar con las dificultades del cambio.

Aversión al riesgo

Una actitud favorable a la asunción de riesgos está positivamente relacionada con la innovación en las organizaciones (Khan y Manopichetwattana, 1989, y Lefebvre y Lefebvre, 1992, citados por Kim y Srivastava, 1998, p. 234). Las organizaciones adversas al riesgo crean obstáculos a la innovación y tienen menores capacidades de manejar el riesgo asociado a la misma.

Apertura a la información externa

Existen organizaciones con el síndrome del '*not-invented-here*'. Estas organizaciones son reacias a aceptar las ideas y la información provenientes del exterior, por lo que no actuarán proactivamente para establecer y enriquecer canales de comunicación con el mundo exterior, perjudicando las dinámicas de innovación (Rogers, 1983, citado por Kim y Srivastava, 1998, pp. 234-235).

Factores de clima organizacional

Interdependencia entre las tareas

Con base en Walton y Dutton (1969), Kim y Srivastava (1998, p. 235) definen la interdependencia entre las tareas como la medida en que dos unidades dependen la una de la otra para recibir asistencia, información, cumplimiento u otros actos de coordinación en el desempeño de sus respectivas tareas. Cuando este tipo de relacionamiento es extenso, intenso y

continuo, tiende a conformar un ambiente de colaboración que favorece la transferencia y difusión del conocimiento y las innovaciones entre dependencias. Para la gestión de la innovación, un ambiente de estas características es importante para disminuir el *time-to-market* de las innovaciones de producto y el tiempo e inversión requeridos para el desarrollo e implementación de innovaciones de proceso.

Apertura a la comunicación

Al margen de la interdependencia entre las tareas, una organización puede exhibir una mayor o menor apertura a la comunicación entre departamentos. Esta característica crea condiciones ambientales propicias para la creatividad y la generación de nuevas ideas, así como para su difusión interna (Aiken y Hage, 1971, y Ross, 1974, citados por Kim y Srivastava, 1998, p. 235).

Apoyo de la alta dirección

La preferencia gerencial por propiciar canales de flujo de información de arriba abajo (*top-down*) o de abajo arriba (*bottom-up*), da lugar a dos formas de estilo de gestión ampliamente estudiados en la literatura. Refiriéndose a esta literatura, Kim y Srivastava (1998) concluyen que un estilo *top-down* es instrumental para lograr la inyección efectiva de nuevos aprendizajes en la organización; la razón es que unos directivos dispuestos a favorecer la introducción de nueva tecnología están en mejores condiciones de presionar a sus subordinados, antes que lo contrario. Esto aplica también para propiciar el entrenamiento del personal en nuevas habilidades y para implementar estrategias de innovación.

Conflicto interdepartamental

Finalmente, Kim y Srivastava (1998) sostienen que el conflicto interdepartamental crea barreras para que los departamentos compartan información y colaboren mutuamente para el logro de los objetivos de innovación. Una fuente común de conflicto entre dependencias de la empresa surge cuando los recursos son limitados y la toma de decisiones privilegia a unos en detrimento de los otros. Adicionalmente, se ha detectado que las tensiones psicológicas y las interacciones personales informales pueden ser otra fuente significativa de conflicto interdepartamental (Jaworski y Kohli, 1993, citados por Kim y Srivastava, 1998, p. 236).

Otras combinaciones de factores reportadas en la literatura

En la literatura científica se encuentran varios autores que reportan distintas combinaciones de factores culturales y de clima organizacional que afectan el desempeño innovador de las organizaciones. Barbosa (2014), por ejemplo, identifica 13 trabajos científicos recientes que reportan 70 variables de cultura organizacional asociadas al desempeño innovador.

Para contextos organizacionales más específicos, es posible identificar un número menor de dimensiones de cultura y clima con mayor significancia. Por ejemplo, para empresas prestadoras de servicios sociales, Glisson (2015) identifica la competencia, la rigidez y la resistencia, como las tres dimensiones de la cultura organizacional que más afectan la innovación y la efectividad de este tipo de empresas; y el compromiso, la funcionalidad y el estrés, como las dimensiones de clima organizacional más influyentes. Tales dimensiones son definidas como sigue:

Competencia: la organización espera responder a las necesidades únicas de los clientes, con base en conocimientos actualizados y habilidades prácticas.

Rigidez: la organización busca seguir de cerca una serie de reglas y regulaciones burocráticas para completar su trabajo, dejando en las personas una discreción mínima en la toma de decisiones relacionadas con el trabajo.

Resistencia: la organización reprime el cambio o la innovación en sus entornos de trabajo a través de estrategias activas o pasivas que mantienen el *status quo*.

Los estudios de Glisson confirman que las organizaciones más innovadoras y con los mejores resultados para los clientes, son aquellas con altos niveles de competencia y bajos niveles de resistencia y rigidez en su cultura organizacional.

Compromiso: los miembros de la organización perciben sus logros relacionados con el trabajo como personalmente significativos e informan que están personalmente involucrados en su trabajo con los clientes.

Funcionalidad: los miembros de la organización perciben que reciben los niveles de apoyo y cooperación que necesitan para hacer su trabajo, de parte de colegas y administradores; además, tienen un claro enten-

dimiento de sus roles dentro de la organización y cómo contribuyen a su éxito.

Estrés: Los miembros de la organización informan altos niveles de sobrecarga y conflicto de roles y agotamiento emocional.

Según Glisson, las organizaciones con los mejores resultados son aquellas con mayores niveles de compromiso y funcionalidad y menores niveles de estrés en su clima organizacional.

9. VALORACIÓN, NEGOCIACIÓN Y CONTRATACIÓN DE TECNOLOGÍA

Introducción

Como activo de alta importancia para la empresa, la tecnología es susceptible de ser transada comercialmente. La empresa puede necesitar acceder a tecnología externa o puede tomar la decisión de explotar comercialmente la tecnología que posee. En ambos casos, es necesario adelantar actividades de valoración, negociación y contratación de tecnología.

Como sucede con otros temas relativos a la gestión de la tecnología y la innovación, la valoración, la negociación y la contratación de tecnología son temas susceptibles de tratamiento especializado, que abre cada uno un amplio campo de investigación y práctica. El abordaje que se hará aquí de estos temas es introductorio, como ha sido con otros temas desarrollados en otros capítulos. El propósito es brindar al lector una aproximación básica a los conceptos y métodos más utilizados, buscando darle elementos para su comprensión y aplicación elemental y para una posterior eventual profundización.

El capítulo inicia con una definición del concepto de ‘valoración’ y la presentación de los métodos usuales de valoración de la tecnología, finalizando esta primera parte con una referencia corta a las nuevas aproximaciones metodológicas que actualmente se vienen explorando y desarrollando en este tema. El concepto de negociación y las técnicas usuales que se aplican en la comercialización de tecnología es el segundo tema del capítulo. Finalmente, se presentan las principales opciones de contratación aplicables a la adquisición o enajenación de activos tecnológicos.

Valoración

Por valoración se entiende aquí la determinación del valor económico de un activo. En gestión tecnológica, la valoración que se hace de la tecnología tiene varios propósitos, entre los cuales los más usuales son de carácter estratégico, contable y comercial. Desde una perspectiva estratégica, tener una idea aunque sea aproximada al valor de una tecnología puede contribuir a tomar decisiones sobre su desarrollo o adquisición. Por ejemplo, conociendo el valor potencial de determinada tecnología, la empresa puede tomar la decisión de invertir cierto monto de recursos en su desarrollo y protección. Respecto a lo contable, valorar la tecnología de la empresa es importante para un correcto registro de los activos empresariales; esto es cada vez más importante, en la medida en que, en la actual economía del conocimiento, el valor de las empresas tiende a recaer más en sus activos intangibles, en buena medida tecnológicos, y menos en sus activos físicos y financieros. En la perspectiva comercial, es importante para establecer el valor que definirá una eventual transacción de compra o venta de la tecnología.

Métodos básicos de valoración

Según Boer (1999), la naturaleza de la tecnología le da características especiales que hacen de su valoración una actividad más problemática que cuando se trata de activos tangibles o financieros. Estas características se refieren a su intangibilidad, vinculaciones y riesgo. La tecnología es intangible en tanto que está altamente incorporada en el conocimiento, experiencia y habilidades de los técnicos y en la documentación asociada. Por otro lado, la tecnología realiza su valor únicamente en relación con otros activos de la empresa, tangibles e intangibles, y en un contexto organizacional interno y de relaciones externas con clientes, proveedores, competidores y otras partes interesadas, que puede conformar las condiciones propicias para que la tecnología se traduzca en innovaciones. Además, el riesgo es connatural a la tecnología, pues su desarrollo y explotación se produce en un ambiente evolutivo cuyos cambios y resultados no se pueden prever con seguridad y certidumbre.

En este sentido, siendo la tecnología un activo intangible, relacional y riesgoso, su valoración es usualmente difícil y sujeta a múltiples variables. Es decir, para una tecnología no existe un único e indiscutible valor que pueda determinarse claramente a partir de un método estándar. No obstante, aun-

que con alguna frecuencia los gastos en activos tecnológicos intangibles son considerados por las organizaciones como costos hundidos o irrecuperables en el marco de una actividad previsible, la valoración de la tecnología es un reto que no se puede evadir en muchas ocasiones. Para ello, la valoración de la tecnología recurre a tres enfoques fundamentales aplicables a la valoración de activos (Housel & Bell, 2001): a) el mercado; b) el costo; y c) el beneficio. A estos tres enfoques se suelen agregar las opciones reales que, aunque desarrolladas para valorar opciones financieras, también se pueden aplicar a la valoración de activos intangibles. Estos enfoques se explicarán y contrastarán a continuación.

Enfoque del mercado

Este enfoque es el más universal y establece que el valor de un activo corresponde al precio que el mercado está dispuesto a pagar por él, es decir, el valor por el cual un vendedor y un comprador con información suficiente están dispuestos a realizar una transacción comercial. La utilización de este enfoque implica la existencia de un mercado activo suficientemente desarrollado en el que haya información disponible sobre las transacciones que involucren activos comparables. Es decir, para valorar un activo X según este enfoque, es necesario tener información sobre las transacciones de compra-venta hechas sobre activos iguales o, al menos, semejantes a X, en situaciones comparables.

El problema principal de este enfoque es que los mercados de tecnología son imperfectos, pues los activos tecnológicos son difícilmente comparables entre sí. Esto por cuanto las tecnologías siempre son específicas y adquieren valor dependiendo de múltiples variables que las afectan (Boman & Larsson, 2003), tales como el sector industrial, la cuota de mercado y su vida económica remanente. Por otra parte, la información sobre las transacciones de tecnología no está usualmente disponible al público, pues tanto los valores de la transacción como sus circunstancias y alcances específicos son considerados información confidencial. Todo ello hace difícil hablar de mercados activos de tecnología, aunque según Boer (1999) se pueden identificar dos contextos en los cuales el enfoque de mercado es aplicable: el mercado de licencias de propiedad intelectual donde se transan comercialmente patentes y paquetes tecnológicos; y el mundo del capital de riesgo (*venture capital*), donde se venden y compran nuevos emprendimientos de base tecnológica. No obstante, las transacciones que se realizan en estos mercados difieren

significativamente de las de otros mercados, en tanto son el resultado de procesos de negociación que hacen de cada transacción algo único.

Enfoque del costo

El enfoque del costo implica valorar una tecnología con base en lo que costó desarrollarla. Aunque este enfoque provee métodos simples y poco onerosos de aplicar, los resultados tienden a subvalorar la tecnología, por cuanto normalmente el costo de un desarrollo tecnológico no está asociado al valor del conocimiento que incorpora. Dicho de otro modo, el conocimiento producido por una actividad intelectual (por ejemplo, I+D) no depende el costo incurrido en llevar a cabo dicha actividad. Por tanto, normalmente este enfoque no es recomendable para generar valores que sirvan de base a toma de decisiones estratégicas, contables o comerciales.

No obstante, las valoraciones resultantes de este enfoque pueden servir para estimar los costos de producción o reemplazo de una tecnología. En este sentido, este enfoque podría ser válido, por ejemplo, para valorar el contrato de una empresa con una universidad o CDT para producir o contribuir al desarrollo de una tecnología. El valor del contrato resultaría de la estimación de los costos directos de las actividades llevadas a cabo por la universidad o CDT, más los costos indirectos y el valor del servicio prestado por el contratista. Cuando este contrato implica la sesión a favor de la empresa de la propiedad intelectual sobre los resultados del proyecto, es preciso sumar a los costos mencionados la valoración del conocimiento desarrollado previamente por la universidad o CDT y aportado como insumo para la ejecución de las actividades. De estos componentes del costo, los costos directos, los indirectos y los beneficios son relativamente fáciles de determinar; sin embargo, la valoración del conocimiento previo tiene problemas de definición y atribución (¿qué conocimiento se puede calificar como ‘conocimiento previo’? ¿cuáles gastos e inversiones están asociados al desarrollo de dicho conocimiento previo?) y de disponibilidad de información, por lo que su estimación puede terminar siendo problemática.

Enfoque del beneficio

Los métodos basados en este enfoque proveen un valor con base en el cómputo de los beneficios futuros que puede generar la aplicación o explotación de la tecnología. Con frecuencia, para valorar estos beneficios, se recurre a métodos de flujo de caja descontados (*discounted cash flow methods*),

que son fáciles de aplicar a partir de los ingresos, egresos, depreciaciones (si aplican), tasas de descuento (generalmente definidas con base en el costo del dinero) y valores residuales, estimados para la tecnología que se valora. Estos métodos dan lugar a dos indicadores ampliamente utilizados en esta forma de análisis: el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

La facilidad de cálculo y elegancia matemática de estos métodos de análisis financiero puede inducir a engaños, pues en realidad los ingresos son difíciles de estimar y dependen de muchas suposiciones que afectan la validez de las estimaciones. Al respecto, Boer (1998) llama la atención sobre los siguientes problemas:

La traducción de altos niveles de riesgo en altas tasas de descuento. Este problema parte usualmente de criterios como “queremos 15% de retorno en proyectos de bajo riesgo, 20% de retorno en proyectos de riesgo medio y 30% o mayor en proyectos de alto riesgo” (Boer, 1998, p. 47), que expresan la exigencia general de mayores retornos para inversiones de mayor riesgo. El problema surge cuando este tipo de exigencias se representa en las fórmulas como valores altos de la tasa de descuento, conduciendo a indicadores de VPN muy bajos o negativos y a decisiones desfavorables o excesivamente conservadoras.

Según Boer, las decisiones tomadas de esta forma perjudican la inversión en proyectos tecnológicos de alto contenido de I+D, desconociendo que, precisamente, la I+D es un proceso de reducción del riesgo que avanza por etapas, desde etapas tempranas de investigación básica orientada de alto riesgo, a etapas de investigación **aplicada**, desarrollo experimental e implementación, de riesgos medio a bajo. Considerando lo anterior, una forma más apropiada de análisis financiero sería teniendo en cuenta las probabilidades de éxito de las diferentes etapas del proceso, como en el caso del método del Valor Comercial Esperado (*Expected Commercial Value*) discutido en el capítulo 7. No obstante, como en ese mismo capítulo se discute, estos métodos no resuelven todos los problemas de esta forma de aproximación a la valoración de los proyectos de I+D+i.

Un argumento adicional para rechazar este tipo de prácticas (las decisiones conservadoras basadas en la aplicación de altas tasas de descuento correlacionadas con el alto riesgo de las inversiones en tecnología) es la consideración de que, con frecuencia, las decisiones no implican únicamente

un proyecto, sino un portafolio de proyectos. En este caso, la estrategia para enfrentar el riesgo puede cambiar de decisiones aversas al riesgo sobre cada proyecto, a decisiones tolerantes al riesgo basadas en la diversificación del riesgo en un portafolio balanceado, que es la estrategia de toma de decisiones que aplican los gestores de los fondos de capital de riesgo.

Los errores en el cálculo del valor residual. Estos son los valores que representan el valor del flujo de caja más allá del horizonte de tiempo considerado en el modelo matemático del cálculo de VPN o TIR. Por ejemplo, si en el cálculo se considera un flujo de caja para un periodo de 10 años, el valor residual representa el valor del flujo de caja que pueda existir más allá de estos 10 años. El problema aquí es que este valor residual se puede estimar confiablemente para activos tangibles y financieros, pero es muy difícil de estimar para inversiones en tecnología. La razón es que mucho o gran parte del valor generado por la tecnología suele permanecer incorporado en la empresa, conduciendo a un problema de atribución de los flujos de caja generados más allá del horizonte previsto para el cálculo del VPN o TIR.

Tomemos como ejemplo una empresa que desea abrir una línea de productos de base nanotecnológica: una vez haya desarrollado y comercializado con éxito un nuevo producto, el aprendizaje, las capacidades tecnológicas acumuladas y el posicionamiento logrado en el mercado a través del proyecto original, pueden ser la base para el desarrollo y comercialización exitosos de posteriores productos que diversifiquen y profundicen la línea nanotecnológica. Obviamente, calcular la parte del nuevo valor generado atribuible al primer proyecto puede ser un logro que esté más allá toda posibilidad razonable.

La valoración de opciones (reales)

Esta aproximación metodológica a la valoración de la tecnología se deriva de la valoración de opciones financieras de compra o venta de activos. Se basa en considerar el resultado de la inversión en I+D como una ‘opción’ que abre futuras oportunidades estratégicas de inversión. Puesto que, en este caso, a diferencia de las opciones financieras derivadas, no se trata de una opción de compra o venta de un instrumento financiero (como las acciones de bolsa), sino de una situación real en la que la empresa puede o no llevar a cabo ciertas acciones, se denominan ‘opciones reales’. Los pioneros en proponer esta aproximación a la valoración de tecnología fueron Mitchell

y Hamilton (1988), quienes identificaron tres momentos distintos de la I+D, cada uno de los cuales amerita una aproximación distinta a la evaluación financiera:

- a) En un extremo, la investigación básica y exploratoria dirigida a la acumulación de capacidades tecnológicas, cuyos impactos en el negocio son de amplio rango y alta incertidumbre, con resultados financieros que no pueden ser claramente definidos; en este caso, la aproximación propuesta es la de considerar los costos de la investigación como costos indirectos o gastos del negocio (*overhead or cost of doing business*);
- b) En el otro extremo, el desarrollo experimental y las actividades de ingeniería, cuyos resultados impactan directamente los resultados financieros de la empresa y pueden ser claramente definidos; para este caso son aceptables las decisiones basadas en análisis financieros tipo VPN y TIR.
- c) En un lugar intermedio, la investigación aplicada y ciertos desarrollos de índole exploratoria y demostrativa, cuyo principal propósito es reducir las incertidumbres y construir una fuerte posición competitiva de base tecnológica, donde la corporación sienta confianza de transformar su fortaleza técnica en inversión rentable (Mitchell & Hamilton, 1988, p. 43). Las inversiones realizadas para lograr este ‘posicionamiento estratégico’ no pueden ser tratadas ni como gastos ni como inversiones financieras tradicionales, sino como la creación de ‘opciones’.

Por tanto, las inversiones en tecnología pueden ser tratadas como gastos del negocio (costos indirectos), como inversiones financieras tradicionales, o como inversiones en opciones. La tabla 12 ilustra las diferencias en la evaluación de inversiones financieras tradicionales de negocio, inversiones en opciones financieras e inversiones en I+D como ‘opciones reales’. En esta tabla, el ‘riesgo a la baja’ se refiere al riesgo de perder la inversión; la ‘volatilidad’, a la incertidumbre sobre la magnitud de las ganancias; y el ‘tiempo’, al periodo proyectado en que pueden ocurrir las ganancias.

Tabla 12. Diferencias en la evaluación de inversiones financieras

Factor	Inversión en negocio	Inversión en opción financiera	Inversión en i+d como opción real
Riesgo a la baja	PÉRDIDA TOTAL: pérdida completa de la inversión.	PÉRDIDA PARCIAL: pérdida del costo de la opción porque esta expira sin que se pueda aprovechar.	PÉRDIDA PARCIAL: pérdida del costo de la I+D porque la empresa no explota sus resultados.
Volatilidad	VALORACIÓN DISMINUYE al aumentar la tasa de descuento por aversión al riesgo.	VALORACIÓN AUMENTA con la volatilidad debido al potencial de mayores ganancias.	VALORACIÓN AUMENTA con la incertidumbre debido a la posibilidad de generar innovaciones disruptivas.
Tiempo	VALORACIÓN DISMINUYE por periodos largos de descuento.	VALORACIÓN AUMENTA por mayor probabilidad de alcanzar el precio de ejercicio de la opción.	VALORACIÓN AUMENTA por una ventana temporal más amplia para encontrar oportunidades de explotación de los resultados.

Como puede verse de la tabla 12, contrario a lo que sucede si se valora la inversión en tecnología con base en el VPN o la TIR, la volatilidad y el tiempo hacen aumentar el valor de la tecnología como opción real, pues representan la oportunidad y la ventana temporal de introducir innovaciones altamente impactantes en el negocio y, por tanto, la posibilidad de generar altas ganancias a partir del costo de la opción.

No obstante, la gestión de las inversiones en I+D como opciones reales conlleva retos y consideraciones particulares que es necesario tener en cuenta. Según Mitchell y Hamilton (1988), la aproximación a la gestión de I+D como gestión de opciones significa un cambio total de perspectiva frente a la gestión de la I+D como inversión financiera de negocio. En vez de gestionar recursos disponibles cuidadosamente controlados y analizados mediante técnicas de flujo de caja descontado, que involucran un monto total inicial de inversión financiera durante un único horizonte de tiempo, se trata de gestionar la búsqueda de oportunidades estratégicas mediante múltiples etapas sucesivas de inversión que abran opciones de realización de oportunidades de inversión y ganancias futuras.

Por otra parte, aunque el concepto de opción real aplicado a la I+D revela importantes ventajas frente a otras aproximaciones tradicionales a la valoración de la tecnología, su correcta aplicación exige superar el foco usual

de estas técnicas en la naturaleza y valor de las opciones en un determinado punto en el tiempo. Por el contrario, en la gestión de la I+D, la identificación y evaluación de las opciones reales tiene que ser algo continuo, puesto que tales opciones solamente pueden ser aprovechadas dependiendo de la evolución de las circunstancias del negocio, las cuales deben ser, por tanto, continuamente vigiladas, evaluadas y reevaluadas.

Debido a esta exigencia de un continuo y efectivo monitoreo, actualización y toma de decisiones, la implementación de las opciones reales generadas por la inversión en I+D resulta ser de alta complejidad gerencial y organizacional. No obstante, es gracias a esta complejidad que las empresas que desarrollan la capacidad de crear, evaluar e implementar estas opciones reales, crean ventajas sobre sus competidores en los mercados.

Negociación de tecnología

La negociación es la actividad central del proceso de compra-venta de tecnología, en el cual la valoración suele ser una actividad previa y la contratación la actividad que cierra el proceso. Sin una negociación efectiva, la valoración no realiza su potencial ni la contratación llega a tener el efecto deseado. De allí la importancia de la negociación. Debido a ello, hay un gran volumen de publicaciones especializadas en el tema, que abre oportunidades de aprendizaje experto para quienes quieran profundizar en la materia. A continuación se hará una aproximación general al tema, que busca formar un panorama completo, pero sin entrar en los detalles de las técnicas de negociación que se aplican en sus distintas etapas (por ejemplo, para integrar y dirigir un equipo exitoso; para gestionar la información; para elaborar los documentos, cartas y contratos; para diseñar y realizar ejercicios de simulación y juegos de rol; para elaborar agendas de negociación; para conducir las sesiones de negociación, etc.).

Tipos de negociación

En la extensa literatura especializada, es posible identificar dos tipos fundamentales de negociación, que definen dos extremos de un continuo con múltiples formas intermedias: en un extremo, la naturaleza de la negociación es puramente competitiva y se fundamenta en obtener el máximo provecho propio a expensas del de la contraparte; en el otro extremo, la negociación es puramente cooperativa y su propósito es trabajar mancomunadamente

con la contraparte para maximizar el beneficio y la satisfacción de ambas partes.

El primer tipo se conoce como *negociación distributiva*, *regateo* o *negociación de suma cero*. Puesto que se trata de obtener el máximo beneficio a expensas de la contraparte, la información se esconde tanto como sea posible, mientras se busca que la contraparte revele lo más que se pueda. En preparación a la negociación, la parte que proporciona la tecnología (vendedor) define el límite de mínima concesión y la parte que solicita la tecnología (comprador) define el límite de máxima oferta; estos límites son llamados *puntos de resistencia*. Si estos límites no se superponen (la mínima concesión es mayor a la máxima oferta), no hay espacio de negociación; en caso contrario, la negociación procede buscando definir un punto intermedio, con cada parte tratando de lograr el máximo provecho de la distribución (figura 34).

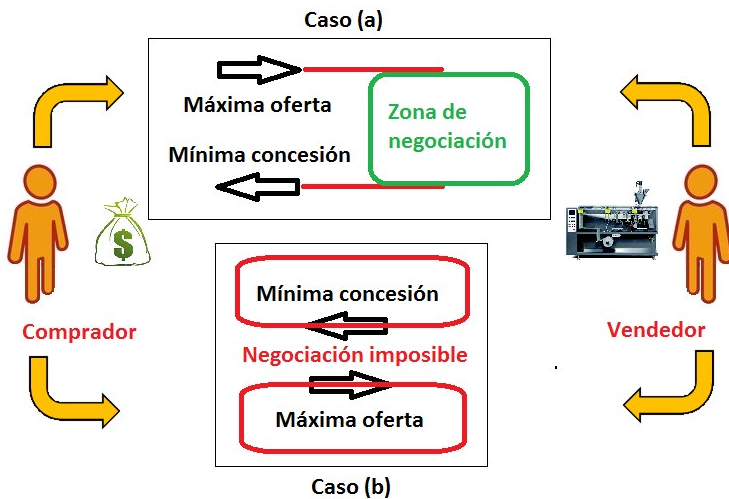


Figura 34. Puntos de resistencia y espacio de negociación distributiva (regateo o suma cero)

Este tipo de negociación suele aparecer cuando una de las partes tiene mayor poder de negociación y está dispuesta a aprovecharse de esta situación en su beneficio. Como resultado, el acuerdo, aunque se alcance, dejará a una de las partes insatisfecha y reacia a involucrarse en futuras negociaciones.

El segundo tipo se conoce como *negociación integrativa, gana-gana o basada en principios*. Este tipo de negociación fue popularizado por Fisher y Ury (1981), cuando trabajaban para la Universidad de Harvard en el Proyecto de Negociación de Harvard. Detrás de esta propuesta subyace la idea de que la negociación puede lograr un acuerdo en que ambas partes se consideren ganadoras. La base de tal acuerdo es la existencia de intereses complementarios que pueden satisfacerse simultáneamente a través del intercambio de información y la solución creativa de problemas. En este sentido, la negociación puede dar lugar a la creación de valor para beneficio mutuo, en vez de la distribución de valor para beneficio de una de las partes, como sugiere la negociación distributiva.

Se sugiere que este tipo de negociación es conveniente cuando las partes buscan desarrollar una relación continua de mutua colaboración o dependencia, como sucede, por ejemplo, cuando un proveedor y un adoptador de una determinada tecnología desean aplicar tal tecnología en desarrollo de sus objetivos organizacionales. Es el caso, por ejemplo, de una universidad que logra patentar un producto obtenido mediante investigación, y una empresa que desea aumentar sus ventas a través de la comercialización de dicho producto en un determinado mercado. En este ejemplo es clara la complementariedad de los intereses y necesidades de ambas partes: a la universidad le interesa que su investigación llegue a la sociedad y los mecanismos del mercado son una opción; y a la empresa le interesa aumentar sus ventas mediante una oferta competitiva y el acceso a una patente es una excelente vía. Como socios, la universidad y la empresa estarán desarrollando sus objetivos misionales, haciendo aportes complementarios y dependientes. Esta alianza puede fortalecerse en el futuro para mutuo beneficio, en tanto la universidad puede encontrar en la empresa su complemento para llegar al mercado a partir de subsecuentes desarrollos a la tecnología, y la empresa puede fortalecer su posicionamiento en el mercado a partir de una familia de productos basada en una tecnología protegida.

La propuesta de Fisher y Ury se basa en cuatro principios (NAW, 2008):

1. **Separar las personas de los problemas.** En una negociación, las personas tienden a involucrarse personalmente en los temas de análisis y adoptar una postura de defensa de su posición y de ataque a posiciones de la contraparte. Separar las personas y sus egos de los problemas ayuda a construir una visión más clara de la situación problemática y a tratar los asuntos sin dañar las relaciones personales.

2. **Focalizarse en los intereses, no en las posiciones.** Usualmente, las partes que negocian llevan posiciones preconfiguradas a partir de sus propios intereses, y son estas posiciones las que más fácilmente emergen en la negociación. Sin embargo, la defensa de las posiciones puede llevar a una negociación distributiva o de suma cero. Para evitar esto, antes que en las posiciones, es conveniente focalizar la negociación en los intereses que subyacen a las posiciones, identificar dichos intereses, entenderlos y elaborarlos. Con frecuencia, sucede que los intereses de las partes no son tan opuestos como podría pensarse, por lo que es posible descubrir afinidades y complementariedades. De esta manera es más factible alcanzar resultados que sean efectivamente más satisfactorios para las partes, en la medida en que tengan en cuenta y respondan a sus intereses de fondo.
3. **Generar opciones para beneficio mutuo.** Durante una negociación suelen surgir obstáculos que es necesario superar mediante la generación de opciones creativas de solución. Los cuatro obstáculos principales son identificados por Fisher y Ury como: 1) tomar decisiones prematuramente sobre una opción y cerrarse a considerar alternativas; 2) actuar intencionalmente para recortar el abanico de opciones y forzar a una única solución; 3) llevar el problema a una situación de suma cero o gana-pierde; y 4) considerar que es asunto de la contraparte proveer la solución al problema. Para superar estos problemas, Fisher y Ury recomiendan: 1) separar el proceso de generar opciones de solución, del acto de juzgarlas o evaluarlas; 2) ampliar el rango de soluciones antes que estrechar las opciones buscando llegar a una solución rápida; 3) buscar ganancias mutuas; y 4) generar formas de llegar fácilmente a las decisiones.
4. **Insistir en aplicar criterios objetivos sobre los cuales basar los acuerdos.** Aquellas situaciones en las que los intereses de las partes son directamente opuestos, son terreno fértil para desatar batallas de egos y dañar las relaciones, siendo poco conducentes a acuerdos satisfactorios. Para enfrentar estas situaciones, se propone recurrir a criterios objetivos para resolver las diferencias. Tales criterios deberán ser independientes de los deseos de las partes e identificados por mutuo acuerdo. Como criterios objetivos, legítimos y prácticos se suele recurrir a hallazgos científicos, estándares profesionales y precedentes legales. En cualquier caso, ambas partes deben aceptar la aplicación de tales criterios. Por ejemplo, si la negociación involucra la valoración de una tecnología, las partes

pueden acordar como solución la valoración de un profesional escogido conjuntamente.

Finalmente, es preciso advertir sobre las dificultades de esta aproximación. En una investigación del MarketWatch Centre for Negotiation reportada por Jensen (2013), se encontró que las negociaciones que abandonan la estrategia de suma cero para adoptar una aproximación gana-gana, pueden lograr hasta un 42% más de valor para las partes en los acuerdos alcanzados. Sin embargo, según Jensen, aunque las propuestas de Fisher y Ury sobre las negociaciones gana-gana son conocidas por todo negociador y su libro es uno de los más vendidos en el tema, “desafortunadamente, hay un problema importante con este libro clásico: no funcionó” (Jensen, 2013, p. 1, traducción del autor). ¿A qué se debe esta contradicción? Según Jensen, hay tres razones que explican por qué una propuesta que ha demostrado su efectividad en ciertos casos y que ha sido acogida por muchos con gran entusiasmo, no funciona en la práctica, generalmente:

Desconfianza: mientras la colaboración es algo que todos los negociadores pregonan, la realidad está dominada por la desconfianza entre las partes. Como resultado, las negociaciones suelen pasar de la colaboración como ideal, a la rapiña por el mayor provecho a expensas del otro.

Irracionalidad: aunque la estrategia gana-gana recomienda negociar con base en principios, centrándose en los intereses, separando las dificultades de las personas y recurriendo a criterios objetivos, en la práctica los negociadores están dominados por sus emociones, percepciones e intuición, dejando la objetividad a un lado. Esta predisposición se suma a las limitaciones de información, conocimiento y tiempo que afectan la racionalidad en la toma de decisiones (Simon, 1957).

Disgusto: a la mayoría de la gente no le gusta negociar y se involucra en las negociaciones por obligación, por lo cual el clima de las negociaciones suele estar afectado por una atmósfera de aprehensión que no propicia la creatividad ni la colaboración.

En resumen, Jensen argumenta que para que las estrategias gana-gana sean una realidad y desarrollen todo su potencial de creación de valor, es preciso que los negociadores cambien el modelo mental basado en la desconfianza, la irracionalidad y el disgusto, por otro que brinde oportunidades a la colaboración, la honestidad, la confianza, la apertura, el entusiasmo y las decisiones inteligentes.

Proceso de negociación

En general, independientemente de la estrategia empleada, el proceso a través del cual se desarrolla la negociación se centra en un ciclo de intercambio de información y construcción de acuerdos, que está precedido por una etapa de preparación y termina con la firma del acuerdo final y su desarrollo (figura 35).

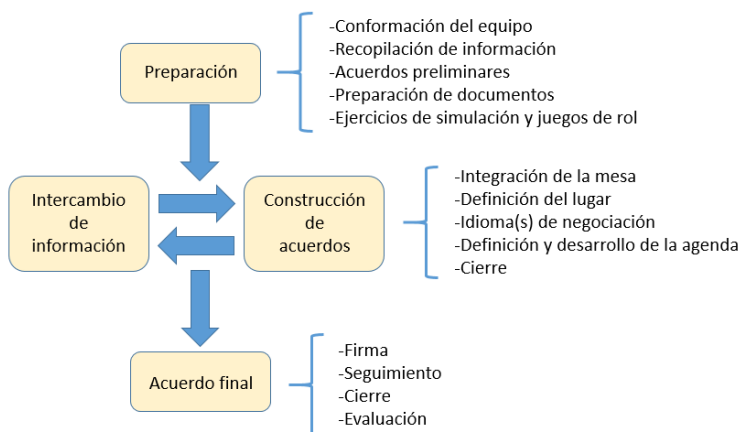


Figura 35. Proceso de negociación

Etapas de preparación

En esta etapa se conforma el equipo de negociación, identificando y asignando roles a los individuos mejor preparados para abordar el proceso. Dependiendo del objeto de negociación, su alcance e importancia, este equipo puede estar conformado por personal de diferentes dependencias y niveles de la organización e, incluso, integrar asesores externos. En la conformación del equipo de negociación, es preciso tener en cuenta que no necesariamente todas las personas integrarán la mesa de negociación, pues esta puede estar limitada en tamaño por opciones estratégicas y prácticas. Una vez conformado, el equipo procederá a recopilar, sistematizar y documentar la información de soporte a la negociación. Para una buena gestión documental, el equipo puede considerar conveniente apoyarse en aplicativos web de trabajo colaborativo, que faciliten también la edición conjunta de documentos.

En esta etapa se deben elaborar y firmar entre las partes los acuerdos previos que garanticen una negociación transparente, colaborativa y efectiva. Entre dichos acuerdos se suelen firmar los de confidencialidad²² entre las partes, que definen legalmente el material, conocimiento o información confidencial, así como las restricciones que aplican a su acceso por terceras partes. El propósito de estos acuerdos es salvaguardar los secretos industriales de las partes y proteger el uso y difusión inadecuados de información privilegiada a la cual tengan acceso las partes en virtud de la negociación.

También en esta etapa de preparación se elaboran los documentos de la negociación, que suelen ser de dos clases: a) documentos internos, en los que la parte define sus intereses y objetivos, la estrategia de negociación y los principios y criterios objetivos a los que acudirá durante la negociación, así como otro tipo de decisiones y argumentos que sirven para definir la posición de la parte en la negociación; y b) documentos compartidos, que se elaboran para aportar a la mesa de negociación y contribuir al desarrollo fluido del proceso. Estos últimos documentos pueden contener material preparado para ilustrar a la contraparte sobre el objeto de negociación y las intenciones que orientan la negociación.

Esta etapa puede concluir con ejercicios de simulación y juegos de rol que preparan la parte para la negociación, favoreciendo la integración del equipo, forjando posiciones personales coherentes y alineadas con la estrategia de negociación, fortaleciendo los roles asignados, e identificando posibles dificultades y opciones de solución.

Etapa de intercambio de información y construcción de acuerdos

Las actividades centrales del proceso tienen lugar en esta etapa, a cargo de las personas aprobadas por las partes para integrar la mesa de negociación. En esta etapa, las partes se involucran en la construcción de los acuerdos que llevarán a la firma del documento final, para lo cual intercambian información pertinente, hacen propuestas y contrapuestas, y analizan y llegan a conclusiones en torno a los puntos definidos en la agenda de negociación. La agenda puede considerar la realización de varias sesiones y la posibilidad de interrumpir las sesiones para hacer consultas. La información intercambiada y las conversaciones se llevan a cabo en el sitio y en los idiomas acordados previamente por las partes.

²² En inglés, estos acuerdos toman los nombres de *non-disclosure agreement*, *confidentiality agreement*, *confidential disclosure agreement*, *proprietary information agreement*, o *secrecy agreement*.

Etapas de acuerdo final

Si la etapa anterior concluye satisfactoriamente los puntos de la agenda, la etapa final del proceso de negociación consiste en aprobar y legalizar el documento que recoge los acuerdos. Usualmente, se trata de un contrato que firman los representantes de las partes. Una vez legalizado este documento, tiene lugar su ejecución, durante la cual las partes harán seguimiento a los acuerdos, buscando que se respeten sus términos en todo momento. Es importante que para el seguimiento las partes involucren personas que hayan participado en las etapas anteriores de la negociación, de forma que la memoria y la interpretación de los acuerdos sea lo más fiel posible. Esto por cuanto durante la ejecución o al final de la misma pueden surgir modificaciones, disputas y reclamaciones que deban negociarse y dirimirse. Al final, si las partes quedan satisfechas con la ejecución de los acuerdos, se firma un acta de terminación y liquidación.

Es importante aclarar que el proceso de negociación no termina con la legalización del documento final o firma del contrato, ni con la firma del acta de terminación y liquidación del mismo. No solo el seguimiento de los acuerdos es importante, sino también la evaluación del desarrollo y resultados de todo el proceso, buscando construir un aprendizaje que sirva para posteriores negociaciones. Es en este momento cuando el proceso concluye, pues de otra forma los negociadores no cierran el ciclo de aprendizaje. El conocimiento y la experiencia ganados en el proceso, fundamentales para el éxito de negociaciones futuras, no se valida hasta la evaluación final.

La necesidad de hacer de cada negociación una oportunidad de aprendizaje no debe tomarse ligeramente. Una negociación deficiente puede comprometer el éxito de un desarrollo tecnológico o de un proyecto de I+D+i. En este sentido, es importante que la empresa capacite negociadores en el conocimiento del proceso y les dé la oportunidad de mejorar con el aprendizaje resultado de la práctica. Este aprendizaje mediante la práctica es necesario, puesto que gran parte del conocimiento sobre negociación es tácito y se desarrolla con la experiencia. Es preciso tener en cuenta, además, que el proceso de negociación exige la aplicación correcta de múltiples técnicas, cuyo dominio inicia en actividades de capacitación y se perfecciona con la práctica.

Relaciones personales y roles en el equipo de negociación

El establecimiento de adecuadas relaciones y roles personales durante la negociación puede influir significativamente en su éxito. Una negociación es, en definitiva, un evento social configurado por las personas que participan en él y por las relaciones que establecen. Como se mencionó antes, un ambiente que predisponga a la confianza y la colaboración genera oportunidades de creación de valor para las partes. Así, es conveniente que las partes abran espacios sociales de interacción y comunicación, que faciliten el conocimiento mutuo y el establecimiento de vínculos personales. Obviamente, para que estos espacios sean aprovechados adecuadamente, es preciso que los negociadores posean habilidades para percibir, asimilar, comprender y regular sus emociones y las de los demás, con el ánimo de establecer relaciones constructivas. En este sentido, una cualidad deseable en los negociadores es una alta inteligencia emocional; sin ella, las relaciones personales pueden erosionarse y los espacios de interacción ser contraproducentes. Es preciso, entonces, ser cuidadosos en la selección de las personas que animen las reuniones sociales, pues no todos los negociadores tienen necesariamente las habilidades requeridas.

Por otro lado, como en todo equipo de trabajo, es indispensable identificar los roles que los miembros del equipo negociador están llamados a desempeñar durante el proceso. Entre los roles que usualmente se identifican en los equipos negociadores, están los de líder, experto, conciliador, crítico y observador. Los individuos que asuman estos roles deben poseer un perfil personal afín a su rol, así como el conocimiento y la información que requieran, de manera que lo puedan desempeñar tan naturalmente como sea posible. Es claro que el liderazgo lo debe tener uno de los líderes de la organización, con ascendencia sobre los demás y con capacidad de tomar decisiones; asimismo, el rol de experto solamente puede ser desempeñado por personas con el conocimiento y el entrenamiento requeridos, y su participación debe ser estrictamente puntual, en el momento y con el contenido que el líder indique. En cuanto a los roles de conciliador, crítico y observador, deben ser desempeñados por individuos con el perfil personal apropiado. En todo caso, es importante que los miembros del equipo negociador reúnan complementariamente todos los roles que un equipo balanceado requiere, pues de otra forma el proceso puede verse perjudicado.

Contratación

Las negociaciones exitosas llevan finalmente a una etapa de contratación, en la cual se establecen, perfeccionan y legalizan los términos acordados para la adquisición o enajenación de activos tecnológicos. En tales contratos se establecen las obligaciones que las partes voluntariamente aceptan para dar, hacer o no hacer algo relativo al bien negociado. Una vez perfeccionado, el contrato adquiere fuerza de ley. Normalmente se trata de un contrato:

- bilateral, pues las partes contratantes se obligan recíprocamente;
- oneroso, en el sentido de que el contrato tiene por objeto la utilidad de ambos contratantes, gravándose cada uno en beneficio del otro;
- solemne, en tanto está sujeto a la observancia de ciertas formalidades especiales para producir efecto civil;
- de tracto sucesivo, al establecer obligaciones reiteradas en el tiempo como el pago de regalías con cierta una periodicidad (aunque existe la posibilidad de acordar un contrato de tracto único o pago total en ciertos casos);
- *intuitu personae*, en la medida en que el contrato se define atendiendo a las especiales cualificaciones tanto del vendedor como del comprador de la tecnología.

Cuando la compraventa se refiere a una tecnología, los derechos que otorgan recaen sobre bienes intangibles que difieren significativamente de la mayoría de los bienes que se transan en una compraventa, como un artículo de consumo masivo, un vehículo o una casa. En efecto, los contratos de tecnología involucran usualmente derechos cuya explotación

[...] es llevada a cabo por medio de diferentes figuras jurídicas, frecuentemente atípicas y en ocasiones con un alto grado de complejidad, dependiendo de la materia técnica que se regule y de las prestaciones que han de ser realizadas por las partes. (Guerrero, 2009, p. 204)

Por ejemplo, un contrato de franquicia puede involucrar un acuerdo de confidencialidad, un contrato de licencia de patentes, un contrato de asistencia técnica y una operación final de *joint venture*.

Esto hace que los contratos de tecnología sean atípicos, debido a que la clasificación legal solo es aplicable a casos simples como la cesión o la li-

cencia de derechos de explotación, siendo necesario acudir con frecuencia a fuentes legales como la jurisprudencia, los laudos arbitrales y las decisiones de órganos administrativos, para analizar y definir la figura contractual aplicable a casos más complejos (Guerrero, 2009).

Clasificación

Los contratos tecnológicos pueden distinguirse según su causa u objeto en contratos simples y contratos complejos, definidos como sigue por Guerrero (2009):

Los contratos con causa simple son los que tienen por objeto la explotación de una categoría de bienes de propiedad intelectual, por ejemplo una patente de invención o un modelo de utilidad. Aunque este tipo de contratos se encuentra tipificado en algunas legislaciones como la española, podemos decir que en la actualidad no son los más frecuentes en su forma pura o individual, ya que la mayoría de las veces forman parte de contratos que incluyen otro tipo de prestaciones, como sería el caso de un acuerdo que incorpore una licencia de patente más la obligación por parte del licenciante de transmitir un *know how* determinado y asistencia técnica adicional (p. 206, énfasis añadido).

Este tipo de contratos incluye los contratos de cesión, los contratos de licencia y los acuerdos de confidencialidad, aplicables a las distintas modalidades de protección de derechos (principalmente patentes, *know-how*, diseños industriales, trazados de circuitos integrados, *software* y derechos de obtentor de variedades vegetales) (figura 36). En estos casos, lo que se contrata es la transferencia de los derechos detentados por los titulares de las distintas formas en que la tecnología se protege. Esto ha llevado a la amplia utilización del término ‘transferencia tecnológica’ para referirse a las actividades cobijadas por este tipo de contratos.

Por otra parte,

Los contratos con causa compleja son aquellos en los cuales, no obstante presentar un carácter unitario que los diferencia de las uniones de contratos o contratos coligados, las partes acuerdan llevar a cabo una pluralidad de prestaciones que pueden ser propias de diferentes figuras negociales. Es decir, en un solo marco normativo los intervinientes buscan obtener un fin único que será implementado mediante diferentes conductas (p. 225, énfasis añadido).

Este tipo de contratos incluye los contratos de franquicia, las operaciones de *joint venture* y los contratos de ingeniería (figura 36). Además, se pueden considerar también en esta categoría los contratos de I+D.

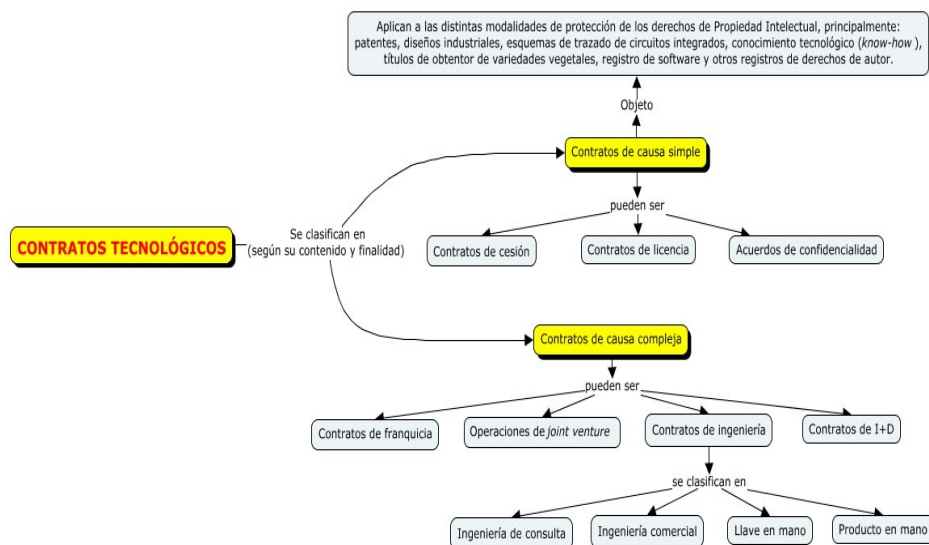


Figura 36. Clasificación de los contratos tecnológicos, según su contenido y finalidad

Fuente: elaboración del autor con base en Guerrero (2009).

En las tablas 13 y 14 se hacen algunas consideraciones básicas sobre la naturaleza jurídica y las obligaciones que las partes adquieren en cada tipo de contrato.

Particularidades de los contratos tecnológicos

Por ser contratos atípicos o *sui generis*, los contratos tecnológicos están sujetos a múltiples circunstancias casuísticas y consideraciones especiales, algunas de las cuales se analizan a continuación.

Contratos de licencia

La importancia de este tipo de contratos, aplicables usualmente a patentes, *know-how*, diseños industriales, trazados de circuitos integrados, *software* y derechos de obtentor de variedades vegetales, radica principalmente en que:

- crea una fuente de ingresos para el licenciante;

- contribuye a la difusión de la tecnología entre usuarios y potenciales desarrolladores; y
- actúa como un catalizador de nuevos desarrollos y mayor actividad comercial (WIPO & International Trade Centre, 2010).

Tabla 13. Tipos, naturaleza jurídica y obligaciones básicas aplicables a los contratos de causa simple

Contratos de causa simple		
Tipo de contrato	Naturaleza jurídica	Obligaciones
Cesión	Contrato atípico, parecido en ciertos aspectos al de compraventa, bilateral, generalmente oneroso y de tracto único, en el que el titular entrega total o parcialmente los derechos que le corresponden sobre el bien.	Del cedente: entrega o transmisión de la titularidad del bien, que se efectúa a la firma del contrato. Si se trata de <i>kenom-hom</i> , el compromiso de no usarlo ni divulgarlo. Del cesionario: efectuar el pago, generalmente mediante una determinada suma (tracto único), aunque existe la posibilidad de establecer un pago por regalías (tracto sucesivo).
	Contrato <i>sui generis</i> , parecido en ciertos aspectos al de arrendamiento, en el que el titular autoriza temporalmente la explotación total o parcial del bien, usualmente consistente en su fabricación, utilización y/o comercialización, sin renunciar a la titularidad que detenta.	Del licenciatario: autorizar y garantizar la posibilidad de explotación del bien al licenciatario, bajo las limitaciones temporales, geográficas y de alcance acordadas. Algunas veces, la garantía incluye la obligación de proteger su titularidad sobre el bien. Del licenciatario: efectuar el pago, usualmente en la forma de regalías (pagos periódicos establecidos en función de la cantidad de unidades producidas, el volumen de ventas, las ganancias, etc.), ya sea en dinero (generalmente), en especie o en forma mixta (dinero y especie). Comunicar información sobre posibles infracciones al derecho por parte de terceros, comunicar las mejoras realizadas al bien inmaterial y explotar el derecho licenciado.
Confidencialidad	Contratos atípicos, que rara vez constituyen contratos autónomos, siendo frecuentemente componentes (cláusulas) de otra figura contractual (v. gr., un contrato de licencia de <i>kenom-hom</i>) o se establecen como acuerdos que forman parte de otro contrato complejo (v. gr., un contrato de franquicia).	Del titular: revelar la información y entregar el material (en caso de que este sea portador de información relevante; v. gr., muestras o materiales). Del receptor: guardar la confidencialidad de la información a la que ha tenido acceso por efecto del contrato, durante el tiempo estipulado. Seguir las instrucciones sobre las medidas de seguridad que deben ser implementadas para mantener la confidencialidad de la información.

Fuente: elaboración del autor con base en Guerrero (2009).

Tabla 14. Tipos, naturaleza jurídica y obligaciones básicas aplicables a los contratos de causa compleja (se excluyen los contratos de I+D)

Contratos de causa compleja		Obligaciones
Tipo	Naturaleza jurídica	
Franquicia	Contrato atípico mediante el cual el franquiciado adquiere el derecho de llevar a cabo un negocio de producción y venta de bienes y servicios bajo un modelo de negocios definido y supervisado por el franquiciante, utilizando la marca, otros signos distintivos y otros derechos de propiedad intelectual del franquiciante, en un marco de colaboración mutua.	Del franquiciante: poner a disposición del franquiciado toda la información técnica y las autorizaciones de uso de tecnologías protegidas y signos distintivos que sean necesarios para llevar a cabo el negocio. Proveer asistencia y asesoría técnica al franquiciado. Mantener el prestigio y el valor intrínseco de la imagen empresarial objeto del contrato. Del franquiciado: pagar la contraprestación en los términos pactados. Financiar la inversión necesaria para llevar a cabo la implementación del negocio, de acuerdo con las instrucciones del franquiciante. Aceptar las instrucciones, control e inspecciones del franquiciante. Responder por la titularidad y el goce responsable del paquete de licencias objeto del contrato.
<i>Joint-venture</i>	Contrato atípico entre dos o más empresas que colaboran y ponen en común un conjunto de recursos y capacidades para llevar a cabo una actividad comercial que les reportará beneficios mutuos, mediante una nueva entidad creada y controlada por los participantes.	Por ser un acuerdo de colaboración, las obligaciones comprometen por igual a las partes, aunque se expresan de manera diferente, según las capacidades de cada una. El contenido de estas obligaciones se establece en el acuerdo base, pudiendo este remitir a acuerdos complementarios para establecer obligaciones de carácter circunstancial.
Ingeniería	Contrato atípico por el cual una empresa se compromete frente a su cliente a ejecutar un proyecto de ingeniería, incluyendo una o varias de sus etapas que van desde los estudios de reconocimiento, prefactibilidad y factibilidad, hasta la ejecución de la obra, su puesta en marcha y operación.	Del contratista: obtener los permisos y licencias necesarias para el proyecto. Llevar a cabo el proyecto con el alcance y las condiciones definidas por el contratante, incluyendo las contrataciones y compras necesarias. Entregar los resultados del proyecto en los plazos y con las especificaciones establecidas en el contrato. Atender las reclamaciones y demandas del contratante y, de ser necesario, hacer los ajustes finales a los resultados del proyecto. Del contratante: pagar el precio pactado en la forma definida por el contrato. Llevar a cabo las verificaciones necesarias para determinar la oportunidad, conformidad y calidad de los resultados del proyecto.

Fuente: elaboración del autor con base en Guerrero (2009).

Licenciar tecnología es una de las operaciones clave para implementar una estrategia de innovación abierta, tanto para el licenciante como para el licenciario. Sin embargo, puede acarrear algunas desventajas que es necesario analizar (WIPO & International Trade Centre, 2010): para el licenciante, puede representar menores ingresos frente a la opción de explotar directamente la tecnología, sobre todo cuando renuncia a competir con el licenciario en los mercados que le otorga en exclusividad, limitando su propio mercado. Para el licenciario, el pago de regalías aumenta los costos de producción, presionando los precios de venta al alza, con potenciales impactos negativos sobre la demanda del producto. Además, como resultado de las particularidades del mercado y el modelo de negocios del licenciario, la tecnología licenciada puede requerir desarrollos adicionales para su explotación, lo que eventualmente aumenta los costos de los productos hasta niveles inaceptables por el mercado.

Por otro lado, dependiendo de la estrategia de innovación del licenciario, el licenciamiento puede conducir a resultados positivos o negativos en el largo plazo, respecto a la acumulación de capacidades tecnológicas. Una inadecuada estrategia puede conducir a la dependencia tecnológica y la renuncia a los principales mercados, limitando las opciones tecnológicas de la empresa a la oferta disponible de licencias y la explotación de la tecnología en mercados marginales. Sin embargo, bajo una estrategia adecuada, el licenciamiento puede convertirse en un canal de aprendizaje tecnológico, posibilitando escenarios de convergencia (*catching-up*) y posterior liderazgo (*forging-ahead*) tecnológico.

Finalmente, un aspecto siempre importante de las licencias es el valor de las regalías. Aquí aplican tanto las consideraciones sobre la valoración como sobre la negociación de tecnología hechas en al inicio de este capítulo. En este sentido, la valoración de las regalías involucra todas las dificultades que, en general, tiene la valoración de intangibles tecnológicos, siendo necesario, además, contextualizar las regalías en el marco de otros temas incluidos en la negociación. Hecha esta advertencia, sin embargo, un buen punto de partida para la estimación de las regalías es la ‘regla del 25%’, que sugiere regalías del 25% de las ganancias estimadas por la venta del producto que incorpora la propiedad intelectual negociada (Goldscheider, Jarosz & Mulhern, 2002); según estos autores, esta es una regla que ha sido aplicada desde finales de los años 1950 y que, si bien su ámbito principal son las regalías por patentes, ha sido también utilizada en la negociación de derechos de autor, marcas,

secreto comercial y *know-how*. Una revisión reciente de esta regla sugiere que puede seguir siendo válida como regla general práctica (*rule of thumb*), tomando el EVITDA como indicador de ganancias (Kemmerer & Lu, 2012).

La conversión del valor de las regalías como porcentaje sobre ganancias a porcentaje sobre ventas se realiza con base en una estimación del margen de ganancias aplicable a las ventas. Por ejemplo, en un producto con un margen de ganancias estimado en el 20% sobre las ventas, el valor de las regalías obtenido a partir de la regla del 25% sería igual al $25\% \times 20\% \times (\$ventas)$, es decir, el 5% de las ventas del producto.

La tabla 15 ilustra los rangos en los que se distribuyen las regalías en distintos sectores, según una encuesta realizada por McGavock, Haas y Path (1992, citado en Razgaitis, 2007, p. 823). Como se puede ver, la dispersión de las regalías es bastante alta incluso en el mismo sector, aunque también pueden apreciarse ciertas tendencias, como, por ejemplo, el hecho de que las regalías tienden a concentrarse en el rango de 2-10% y a ser mayores en industrias de más alta tecnología (10-15% en telecomunicaciones) y de mayor potencial de mercado (energía).

Tabla 15. Rango de regalías sobre las ventas en distintas industrias

Industria	<2%	2-5%	5-10%	10-15%	15-20%	20-25%	>25%
Aeroespacial		40.0	55.0	5.0			
Automotriz	35.0	45.0	20.0				
Química	18.0	57.4	23.9	0.5			0.1
Computadores	42.5	57.5					
Electrónica		50.0	45.0	5.0			
Energía		50.0	15.0	10.0		25.0	
Alimentos / productos de consumo	12.5	62.5	25.0				
Manufactura general	21.3	51.5	20.3	2.6	0.8	0.8	2.6
Gobierno / universidad	7.9	38.9	36.4	16.2	0.4	0.6	
Telecomunicaciones				100.0			
Otros	11.2	41.2	28.7	16.2	0.9	0.9	0.9

Fuente: elaboración del autor con base en datos de McGavock, Haas y Path (1992, citado en Razgaitis, 2007, p. 823).

Una fuente más precisa de información para el cálculo del valor de las regalías emerge de estadísticas publicadas sobre niveles de regalías en sectores específicos según el tipo de tecnología; por ejemplo, un estudio reportado por el Biotechnology Licensing Committee de la Licensing Executives Society (LES) (citado por WIPO e International Trade Centre, 2010, p. 37), arrojó los valores indicados en la tabla 16 para este sector en particular.

La regla del 25% complementada con datos sectoriales, proveen valores de referencia del nivel esperado de regalías; para fijar el valor final aplicable en contratos específicos, es necesario recurrir al análisis de los factores que influyen en el valor de las regalías. Citando a Arnold y Headley (1987), WIPO y el International Trade Centre (2010) listan los siguientes factores como los más importantes para el efecto:

- La calidad intrínseca de la tecnología (e.gr., su importancia y estado de desarrollo)
- La protección de la tecnología (e.gr., su alcance y validez)
- Consideraciones de mercado (e.gr., tamaño y participación)
- Consideraciones de competencia (e.gr., terceras partes involucradas)
- Valor del licenciatario (e.gr., capital, I+D y mercadeo)
- Consideraciones financieras (e.gr., margen de ganancia, costas procesales y costos de los servicios bajo garantía)
- Riesgos (e.gr., responsabilidad por el producto y demandas por violación de derechos)
- Consideraciones legales (e.gr., duración de los derechos licenciados)
- Asuntos gubernamentales (e.gr., leyes local aplicables a las regalías y a la circulación de moneda).

Tabla 16. Rango de regalías para licenciamiento de productos y procesos biotecnológicos

Tipo de tecnología	Rango de regalías	Aplicable sobre
Reactivos para investigación (e.gr., vectores de expresión, cultivo de células)	1-5%	Ventas netas
Productos de diagnóstico (e.gr., anticuerpos monoclonales, sondas de DNA)	1-5%	Ventas netas
Productos terapéuticos (e.gr., anticuerpos monoclonales)	5-10%	Ventas netas
Vacunas	5-10%	Ventas netas
Productos para salud animal	3-6%	Ventas netas
Plantas y productos agrícolas	3-5%	Ventas netas

Fuente: elaboración del autor con datos de la *Licensing Executives Society* (LES), citado por WIPO y el International Trade Centre (2010, p. 37).

De esta manera, el punto de partida proporcionado por la regla del 25% y la información sectorial disponible, puede ajustarse en cada caso analizando las especificidades del mismo, utilizando la anterior agrupación de factores como lista de chequeo.

Contratos de franquicia

Como contratos tecnológicos se consideran los contratos de franquicia industrial o de fabricación, de distribución y de servicios, los cuales pueden involucrar, además de la autorización del uso de los signos distintivos del negocio, la transferencia de derechos de propiedad industrial que protegen los procesos de producción y/o los productos del negocio.

Puesto que una parte considerable del valor del contrato de franquicia reside en el valor de la marca y la reputación innovadora del franquiciante, es deber de este llevar a cabo todas las actividades de mercadeo y las iniciativas de innovación que mantengan su posicionamiento y prestigio. Paralelamente, es deber del franquiciado colaborar con el franquiciante en las iniciativas de mercadeo e innovación impulsadas por este.

Por otra parte, puesto que se trata de una relación de confianza, colaboración y beneficio mutuo, es deber del franquiciado suministrar toda la información sobre las condiciones económicas, tecnológicas y legales del

mercado local que puedan afectar el funcionamiento del negocio. Normalmente, estas relaciones se proyectan para horizontes de largo plazo, en las que el franquiciado se compromete a no iniciar, ni durante el contrato ni en un tiempo razonable posterior a su terminación, algún negocio que sea competencia del franquiciante o sus franquiciados. Adicionalmente, el franquiciado se compromete a no divulgar los conocimientos técnicos recibidos, ni durante el contrato ni después de su terminación.

Operaciones de *joint venture*

Para comprender la naturaleza de este tipo de contratos, es necesario tener en cuenta que todo *joint venture* tiene un doble carácter: el societario (creación de una nueva empresa) y el contractual (establecimiento de un marco de entendimiento entre las partes). Generalmente, un *joint venture* se realiza a través de un ‘acuerdo base’, mediante el que se crea la sociedad; y un conjunto de ‘acuerdos complementarios’ o ‘satélites’, que dotan a la nueva empresa de los medios necesarios para desarrollar su misión.

Los contenidos del acuerdo base definen los siguientes aspectos, entre los más significativos (Guerrero, 2009):

- Plena identificación de las partes.
- Definición del domicilio, el objeto social, el capital social y los órganos de administración de la nueva empresa.
- Establecimiento de limitaciones a la libre transmisibilidad de las participaciones sociales o venta de acciones de la nueva empresa.
- Reparto de beneficios y auditoría de cuentas.
- Causas de extinción de la sociedad.
- Solución de controversias entre los socios.
- Restricciones a la competencia entre las empresas socias y la nueva empresa.
- Cesiones o licencias de derechos de propiedad intelectual.

El propósito del *joint venture* es usualmente uno o varios de los siguientes: la reducción de costos de operación, la minimización de los riesgos técnicos y/o comerciales, la integración de recursos y capacidades complementarias (como el *know-how* o el conocimiento del mercado local), y la participación en una licitación o concurso que exija la alianza entre proponentes.

Por su carácter de sociedad colaborativa entre empresas, las operaciones de *joint venture* se consideran canales importantes de aprendizaje tecnológico. Esto es particularmente relevante para operaciones entre empresas tecnológicamente sofisticadas de países desarrollados y empresas de países en desarrollo, constituyendo una modalidad de transferencia internacional de tecnología. En estos casos, el propósito de la operación está asociado a la complementariedad entre el dominio tecnológico de una parte y el conocimiento del mercado local o la infraestructura de la otra; o a la necesidad de la asociación entre las partes para participar en licitaciones locales. No obstante, la magnitud y utilidad del conocimiento tecnológico aprendido por el socio local se ven limitadas significativamente, ya sea por las condiciones contractuales asociadas a la confidencialidad de la información, o por las limitaciones a la competencia, durante y después de la operación de *joint venture*.

Contratos de ingeniería

Generalmente, estos contratos se clasifican en (Guerrero, 2009):

- Contratos de ingeniería de consulta (similar a un contrato de prestación de servicios), cuando el objeto es la elaboración de estudios que se materializan en planos, instructivos e informes.
- Contratos de obra o ingeniería comercial, cuyo objeto es la realización de una obra (e. gr., una planta industrial o una obra civil).
- Contratos ‘llave en mano’ (*turnkey*), cuando se contrata tanto la consultoría como la ejecución de la obra.
- Contratos de ‘producto en mano’ cuando, además de la consultoría y la ejecución de la obra, se contrata la operación o el proceso de producción, para entregar los bienes o servicios producidos.

En estos contratos, es usual que el contratante acceda a la titularidad o autorización de uso de los desarrollos tecnológicos y las obras intelectuales producidas por el contratista en el marco del contrato; sin embargo, el aporte de conocimiento previo protegido por el contratista o por terceras personas, podrá dar lugar a consideraciones contractuales particulares de transferencia tecnológica entre las partes. En todo caso, es deber del contratista asegurar que el contratante no incurra en violaciones de derechos de propiedad intelectual asociados a los servicios y obras contratadas.

Como resultado de las verificaciones necesarias para determinar la oportunidad, conformidad y calidad de los resultados del proyecto, el contratante puede encontrar necesario llevar a cabo reclamaciones y/o demandas por incumplimiento contractual y exigir la respectiva indemnización por daños y perjuicios. Cuando no haya motivos de reclamación y demanda o cuando estas se hayan satisfecho, el contratante debe proceder a recibir los resultados del proyecto y liquidar el contrato. No obstante, persistirán los compromisos relativos al pago de regalías y garantías de confidencialidad por parte del contratante, cuando tales compromisos se hayan establecido contractualmente para efectos de la transferencia tecnológica.

Contratos de I+D: externalización y alianzas

La contratación de I+D es una alternativa a la ejecución interna de I+D (*in-house R&D*), que puede ser conveniente bajo ciertas circunstancias, principalmente relacionadas con disminución de costos, distribución de riesgos y razones estratégicas. No obstante, la contratación de I+D puede hacerse de dos formas que difieren significativamente: la externalización (*outsourcing*), también conocida como tercerización o subcontratación, y las alianzas.

La externalización de I+D se ejecuta a través de contratos similares a los contratos de ingeniería de consulta, pero en este caso el proyecto contratado tiene como objeto alguna de las etapas de la I+D y el contratista es una universidad, un centro de investigación o alguna entidad con capacidades de I+D. Como es usual en estos casos, el contratante asume los costos del proyecto y adquiere la titularidad de los derechos patrimoniales de la propiedad intelectual resultante, excepto aquella definida como conocimiento previo o la aportada por terceras partes o el mismo contratista bajo licencia.

Puesto que acumular y sostener capacidades de I+D puede ser altamente costoso, las empresas pueden tomar la decisión de externalizar la I+D buscando disminuir los costos totales (de producción más transacción), aunque parcialmente signifique aumentar los costos de transacción. Desde esta perspectiva, la decisión de externalizar o no la I+D es el resultado de una lógica de optimización de costos, en la que entran en consideración factores de mercado (oferta y demanda de servicios de I+D) y costos de transacción, conformando una relación típica cliente-proveedor (Narula, 2001).

No obstante, la externalización de I+D tiene serias limitaciones si se la gestiona desde la perspectiva típica de la externalización de procesos de

negocio (*Business Process Outsourcing* - BPO), más adecuada para procesos operativos relacionados con la atención al cliente, la administración de recursos humanos, la contabilidad y la administración de las TIC. Estas limitaciones están asociadas al hecho de que la I+D cae en el ámbito de los procesos estratégicos de la empresa, por lo que las decisiones que soportan su gestión están más sustentadas en motivaciones estratégicas (como el desarrollo o dominio de una tecnología) que operativas (como la disminución de costos).

Por estas razones, la externalización de I+D ha evolucionado desde los esquemas tradicionales de externalización de procesos de negocio (BPO) a modelos de externalización de procesos de conocimiento (*Knowledge Process Outsourcing* - KPO), que transforman las relaciones cliente-proveedor en alianzas estratégicas (Mudambi & Tallman, 2010). Debido a ello, cuando las decisiones están más basadas en consideraciones estratégicas que en disminución de costos u otra motivación operativa, los contratos de externalización dan paso a contratos de alianza estratégica.

Los contratos de alianza estratégica se pueden clasificar en dos categorías que identifican los extremos del espectro de arreglos organizacionales (Reuer & Ariño, 2007): las alianzas patrimoniales (*Equity Strategic Alliances*), en las que las partes aportan patrimonio y participan del control de la alianza, estableciendo relaciones de jerarquía; y alianzas no-patrimoniales (*Non-Equity Strategic Alliances*), en las que las partes sostienen relaciones contractuales regidas por el mercado. Algunos autores agregan una tercera categoría, los *joint ventures*, aunque más generalmente estas operaciones suelen considerarse como un tipo particular de alianza estratégica patrimonial.

Las alianzas estratégicas dan lugar a contratos de causa compleja, cuyo contenido es difícil de generalizar debido a las múltiples circunstancias que regulan. Sin embargo, de acuerdo con Parkhe (1993), es posible identificar en estos contratos el siguiente conjunto de salvaguardas:

- La elaboración periódica de reportes escritos sobre todas las transacciones relevantes de la alianza;
- la pronta notificación por escrito de cualquier desviación del contrato de alianza;
- el derecho de examinar y auditar todos los registros de la alianza a través de un contador público certificado;

- la designación de cierta información como propietaria y sujeta a cláusulas contractuales de confidencialidad;
- la prohibición de usar información propietaria, aun después de terminado el contrato de alianza;
- la terminación del contrato de alianza (duración, prórroga y causales de terminación anticipada);
- la definición de una cláusula compromisoria en el contrato, que establece la forma como se resolverán los conflictos (normalmente mediante arbitraje);
- las disposiciones relacionadas con demandas legales.

Una última observación respecto a los contratos de I+D tiene que ver con la propiedad patrimonial de los productos obtenidos de las alianzas. Como se mencionó antes para los contratos más simples de externalización que se asimilan a contratos de ingeniería de consulta, es usual que el contratante que asume los costos totales del proyecto, adquiera la titularidad de los derechos patrimoniales, excepción hecha del conocimiento previo reconocido como tal y los aportes hechos por terceras partes o por el mismo contratista bajo licencia.

Sin embargo, cuando se trata de la propiedad intelectual de los productos de I+D obtenidos mediante alianza, la distribución de los derechos patrimoniales puede responder a dos criterios que aplican para este tipo de contratos: por una parte, si la I+D se financia y ejecuta a través de una alianza patrimonial, la titularidad pertenecerá a la entidad conformada mediante la alianza (un *joint venture*, por ejemplo); por otra, si la I+D es financiada y ejecutada por las partes de una alianza no-patrimonial, es usual que la propiedad se distribuya a prorrata de los aportes de las partes. En el caso particular de que la alianza reciba un incentivo financiero de parte de una entidad gubernamental para ejecutar el proyecto de I+D, la normativa colombiana, respondiendo a una tendencia internacional, permite a la entidad gubernamental ceder a las partes de la alianza su participación en la propiedad intelectual (salvo motivos de seguridad y defensa nacional u otros previsto en la ley), con eventuales exigencias como, por ejemplo, destinar un porcentaje de los ingresos obtenidos a la financiación de nuevas actividades de I+D.

Contratos universidad - empresa para I+D

Los contratos entre la universidad y la empresa para la ejecución de I+D caen en la categoría de contratos de externalización o **alianza**. Sin embargo, dadas las características de las universidades de ser instituciones sin ánimo de lucro orientadas misionalmente hacia la investigación, estos contratos corresponden a un caso que amerita ciertas consideraciones particulares. Por otra parte, puesto que las características mencionadas las comparten las universidades con los centros de investigación científica y los centros de desarrollo tecnológico, lo que sigue se puede aplicar, en general, a los contratos entre estas entidades y las empresas.

En particular, las consideraciones que ameritan este tipo de contratos se pueden agrupar en: la selección de contratista o socio, el tipo de contrato y las cláusulas de propiedad intelectual y confidencialidad.

Respecto a la selección del contratista o socio, *desde la perspectiva de la empresa*, el interés se centra en acceder a conocimiento especializado, experiencia investigativa, infraestructura científica (laboratorios, *software* y documentación) y redes internacionales. Desde esta perspectiva, cuanto más sólida sea la universidad en estos aspectos, más atractiva será como contratista o socia; factores como el costo de los servicios y el acceso a incentivos públicos pueden jugar su parte en la decisión, pero usualmente no de manera decisiva.

No obstante, los costos de transacción pueden jugar su parte en la selección de la universidad. La mayor o menor dificultad percibida por el empresario, ya sea por experiencias pasadas o proveniente de terceras partes, para establecer una relación provechosa, rápida y fácilmente, puede aportar un peso significativo en la elección de la universidad socia o contratista. En este sentido, la capacidad de gestión que tenga una universidad para establecer una relación rápida, eficiente y provechosa con las empresas, puede aportar el peso que incline la balanza a favor de cierta universidad que no necesariamente sea la mejor en términos de conocimiento, experiencia, infraestructura y conexiones científicas.

Desde la perspectiva de la universidad, la elección de socio empresarial debe recaer en criterios de complementariedad y compromiso. La complementariedad se refiere a las capacidades de desarrollo, producción y mercadeo que deben complementar las capacidades investigativas de la universidad, con miras a transformar el conocimiento en innovaciones y garantizar su difusión en los mercados. El compromiso alude a la importancia estraté-

gica otorgada por la empresa al objeto del contrato y el respaldo de la alta dirección. En este sentido, un error que frecuentemente cometen las universidades en su elección de socio, es escoger una empresa que no tenga las capacidades necesarias para lograr la innovación, o cuyo interés sea de baja prioridad o importancia en el contexto del modelo y la estrategia de negocios de la empresa.

En cuanto al tipo de contrato, las actividades de I+D pueden dar lugar a alianzas patrimoniales o no-patrimoniales. En el primer caso, se trata de la creación de nuevas entidades, normalmente bajo la figura de corporación o fundación sin ánimo de lucro, establecidas con la misión de realizar I+D y otras actividades científicas y tecnológicas definidas conjuntamente. En Colombia, usualmente este tipo de contratos se da entre múltiples socios, que establecen los denominados Centros de Desarrollo Tecnológico, creados bajo la figura de corporación de ciencia y tecnología y al amparo del decreto-ley 393 de 1991 para posibilitar la asociación público-privada. Entre los socios, usualmente se cuentan universidades, empresas y organizaciones gremiales o empresariales, con la posibilidad de que haya entidades gubernamentales como Colciencias.

Pero son las alianzas no-patrimoniales y los contratos de externalización los más representativos de las relaciones que establecen las universidades y las empresas para la ejecución de I+D. En Colombia, estas relaciones se concretan frecuentemente en la forma de contratación de proyectos de I+D, una forma contractual que se podría asimilar a los contratos de ingeniería de consulta. También cabe la posibilidad de que la universidad y la empresa firmen convenios de cooperación, en los cuales ambas partes aportan recursos para llevar a cabo el proyecto. Esta última modalidad de contratación es posible para las entidades estatales descentralizadas (entre las que clasifican las universidades públicas), quienes pueden firmar ‘convenios especiales de cooperación’ con las empresas, al amparo del decreto-ley 591 de 1991 (art. 17).

Respecto a la distribución de la propiedad intelectual, los criterios pertinentes son similares a los que aplican para otros contratos de tecnología. Sin embargo, el tratamiento de la confidencialidad suele tener condiciones especiales, dada la naturaleza educativa las universidades. Por tanto, es usual que, en los acuerdos o cláusulas de confidencialidad, la universidad se reserve el derecho de publicar o dar a conocer los resultados de las investigaciones,

con fines exclusivamente académicos y sin violar los compromisos de confidencialidad aplicables. El propósito es que, respetando tales compromisos, la universidad pueda hacer uso de la información recogida y procesada en desarrollo del proyecto, con el fin de realizar trabajos y publicaciones científicas, así como utilizar la información resultante del proyecto con fines de investigación y como material de apoyo a la actividad docente. En todo caso, los documentos que pretendan publicarse siempre deberán tener la autorización de las partes antes de darse a conocer a terceras personas o entidades.

No obstante, en ciertos casos la universidad puede aceptar mantener la confidencialidad de la información procesada y los resultados del proyecto durante un determinado periodo, sometiendo incluso a esta exigencia ciertos productos académicos como las tesis de posgrado. Típicamente, estos casos se refieren a: 1) trabajos de investigación (usualmente en el marco de tesis de posgrado), realizados por personal de la empresa que adelanta estudios superiores en la universidad; y 2) resultados de investigación susceptibles de protección mediante patente y cuya reserva es conveniente para garantizar el trámite de la solicitud de patentamiento.

10. HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN

Introducción

Como toda tecnología, la gestión de la innovación se apoya en herramientas para su aplicación. Muchas de estas herramientas son de uso general en gestión organizacional y algunas han sido especialmente desarrolladas para la gestión de la tecnología y la innovación. Sin embargo, es importante alertar sobre la importancia de dominar primero las aproximaciones conceptuales, teóricas y metodológicas que dan fundamento a la gestión de la innovación, para poder hacer una correcta selección y aplicación de las herramientas de gestión. En caso contrario, se corre el riesgo de caer presa de la ilusión de la herramienta, que lleva a quien la domina a forzar su aplicación indiscriminada²³. Por otra parte, es necesario tener en cuenta que la gestión de la innovación requiere la aplicación de múltiples técnicas para apoyar el tratamiento de los múltiples problemas que aborda. En este sentido, la correcta selección y aplicación de las técnicas debe considerar su complementación mutua, así como su adecuación a las capacidades organizacionales de la empresa que las aplica.

A continuación se hará una presentación introductoria a un conjunto de herramientas útiles para la gestión de la innovación. No se pretende una descripción completa de las herramientas, lo cual se deja a la literatura es-

²³ Este fenómeno lo llama Godet ‘el riesgo del martillo’: puesto que conocemos el uso del martillo, terminamos creyendo que todos los problemas se asemejan a un clavo. Esto no significa que no debamos conocer las herramientas y sus usos adecuados, pues podríamos caer en ‘el sueño del clavo’: ignorar que el martillo existe cuando tenemos que clavar un clavo. (Godet, 2007, p. 20)

pecializada, sino una caracterización de las mismas que ayude a entender su función, posibilidades y limitaciones, así como su equivalencia y complementariedad con otras herramientas. Mucho menos se pretende que el lector adquiera el dominio de la aplicación de las herramientas con la lectura de la presentación que se hace de ellas en este capítulo; como toda herramienta, para su aplicación exitosa es importante apoyarse en personas que hayan adquirido las destrezas prácticas necesarias. Lo que sí se pretende es brindar el conocimiento básico para que los responsables de la gestión de la innovación comprendan el papel de las herramientas y hagan buen uso de ellas, así como en la planta de producción metalmecánica el ingeniero mecánico comprende el papel del torno y la soldadura y los emplea productivamente, aunque no necesariamente tiene las destrezas prácticas para su operación.

Finalmente, la introducción que se hace a cada herramienta o grupo de herramientas se complementa con una lista de referencias a recursos de la web, a partir de los cuales el interesado puede complementar las referencias a la literatura especializada y profundizar su conocimiento sobre aspectos prácticos que pueden ser de utilidad.

Creatividad

Existen múltiples técnicas y herramientas para la creatividad sobre las cuales se puede encontrar información en la web, con orientaciones sobre su selección y aplicación. A continuación se hará referencia a dos entidades que mantienen sitios web en los cuales documentan técnicas de creatividad y ofrecen herramientas para su aplicación; al final de esta sección, se hará una introducción a la co-creación, como una aproximación metodológica a la creación colaborativa.

Fundación Neuronilla (www.neuronilla.com)

La Fundación Neuronilla para la Creatividad y la Innovación es una organización española sin ánimo de lucro que cuenta con más de quince años desarrollando actividades de formación y asesoría en creatividad, innovación y otros temas relacionados. En su sitio web documenta prácticamente todas las técnicas de creatividad para la innovación que pueden tener algún interés para los empresarios (cuadro 14). En el cuadro 15 se presenta un resumen de algunas de las técnicas documentadas por Neuronilla en su sitio web.

Cuadro 14. Técnicas de creatividad para la innovación documentadas por la Fundación Neuronilla

Análisis morfológico	Estratal	Microdibujos
Analogías	Galería de famosos (<i>Hall of Fame</i>)	Mitodología
Biónica	Generación de ideas a distancia	Morphing
<i>Brainstorming</i> o Lluvia de ideas	Ideart	Ojos limpios (<i>fresh eyes</i>)
<i>Blue Slip</i>	Ideas animadas	Provocación
<i>Brainwriting</i>	Identificación o empatía	Relaciones forzadas (palabra al azar)
Conexiones morfológicas forzadas	Imanchin	SCAMPER
Crear en sueños	Inspiravideo	Técnica Dalí (imágenes hipnagógicas)
CRE-IN	La inversión	Técnica Da Vinci
DO IT	Listado de atributos	TRIZ
El arte de preguntar	Mapas mentales	4×4×4
El catálogo	Método 635	
El porqué de las cosas (la brújula)	Método Delfos (<i>Delphi</i>)	

Fuente: Fundación Neuronilla (2011).

Cuadro 15. Descripción parcial de técnicas de creatividad para la innovación seleccionadas del sitio web de la Fundación Neuronilla***Brainstorming* o lluvia de ideas**

¿Qué es?

Es la técnica más conocida para generar ideas. Fue desarrollada por Alex Osborn (especialista en creatividad y publicidad) en los años 30 y publicada en 1963 en el libro *Applied Imagination*. Es la base sobre la que se sostiene la mayoría del resto de las técnicas.

¿Para qué?

El *Brainstorming*, también llamado torbellino de ideas, tormenta de ideas, *remoli de cervells*, lluvia de ideas... es una técnica eminentemente grupal para la generación de ideas.

¿Cómo?

Materiales de trabajo: sala, sillas para el grupo, pizarra grande o cuaderno de notas para apuntar las ideas, grabadora (opcional), reloj.

Participantes: facilitador o coordinador (dinamiza el proceso), secretario (apunta las ideas), miembros del grupo.

(Siguen las 'etapas del proceso' y descripción de cada etapa)

TRIZ

¿Qué es?

Es la técnica para generar ideas ingeniosas especialmente ante problemas tecnológicos. Fue desarrollada por Genrich S. Altshuller (científico, ingeniero y analista de patentes). Es un método heurístico nacido a partir de la identificación de unas pautas inventivas, en las patentes, utilizadas por igual en sectores de la técnica muy diversos. Las primeras publicaciones aparecieron en los años 50, siendo de los últimos trabajos publicados por Altshuller, en el año 1985, el *Algoritmo para la resolución de problemas inventivos* o, por su acrónimo ruso, ARIZ 85.

TRIZ es ante todo un método que sigue actualizándose mediante investigación de los avances en patentes aunque el enfoque de análisis se ha extendido a otras disciplinas de la actividad humana como las ciencias sociales e incluso el arte. Una simplificación de TRIZ se denomina SIT o ASIT.

¿Para qué?

TRIZ, recoge una serie de principios que 'la persona' debe aprender permitiéndole analizar un problema, modelarlo, aplicar soluciones estándar e identificar ideas inventivas. No obstante, la fase de análisis de problemas y la de síntesis de ideas inventivas, se ven reforzadas si se realizan en grupo.

¿Cómo?

TRIZ aporta 5 principios fundamentales:

(*Sigue la descripción de estos principios*)

Fuente: Fundación Neuronilla (2011).

Institute of Design at Stanford (<https://dschool.stanford.edu/>)

El Instituto de Diseño de la Universidad de Stanford proporciona acceso a cursos y material sobre *Design Thinking*. Esta es una metodología de diseño para la generación creativa de soluciones prácticas sobre algo que quiere ser mejorado o transformado. En el Instituto de Diseño de la Universidad de Stanford, donde se han hecho contribuciones importantes para el desarrollo de esta metodología (ver Faste, Roth y Wilde, 1993), se aplica esta metodología en un proceso de cinco etapas que requieren una especial disposición mental (*mindset*) y la aplicación de técnicas específicas para cada etapa, como se resume a continuación (Institute of Design at Stanford):

Disposición mental: las premisas del proceso creativo.

- Enfoque en valores humanos
- No decir, mostrar
- Colaboración radical
- Conciencia del proceso

- Cultura de prototipos
- Incitación a la acción

Etapas del proceso:

- Empatizar: entender las necesidades de aquellos para quienes se está diseñando.
- Definir: enmarcar los problemas como oportunidades de soluciones creativas.
- Idear: generar un rango de posibles soluciones.
- Prototipar: comunicar los elementos nucleares de las soluciones a otros.
- Probar: aprender qué funciona y qué no funciona para mejorar las soluciones.

Técnicas de creatividad para el proceso:

• ¿Qué? ¿cómo? ¿por qué? • Preparación para la entrevista • Entrevistar para empatizar • Compartir y documenta historias • Saturar y agrupar • Mapa de empatía • Mapa de trayectoria • Personas • Definir el problema jugando • Lista de chequeo de lectura crítica	• Preguntas ¿cómo podríamos? • Reglas de la lluvia de ideas • Guiar la lluvia de ideas • Cardsorting - selección de ideas • Hacer prototipos con empatía • Hacer prototipos para probar • Probar con los usuarios • Hacer prototipos para decidir • Malla receptora de información
--	--

Co-creación

La co-creación puede ser definida como una estrategia de negocio centrada en la experiencia del cliente y las relaciones interactivas; la co-creación permite y fomenta una participación más activa del cliente para crear una experiencia rica en valor (Business Dictionary, 2013). La co-creación puede ser mejor entendida como una decisión estratégica (más que como una estrategia propiamente dicha), que compromete a la empresa a trabajar colaborativamente con sus clientes y usuarios para crear valor, y que contribuye a implementar la decisión de innovación abierta en el proceso de exploración. El término y el desarrollo del concepto se atribuyen a Prahalad y

Ramaswamy (2000; 2004). La complejidad de la técnica puede dar lugar a un proceso organizacional de aplicación sistemática en la empresa, apoyado por un conjunto de técnicas de creación como las citadas en las secciones anteriores. El proceso se ilustra en la figura 37.

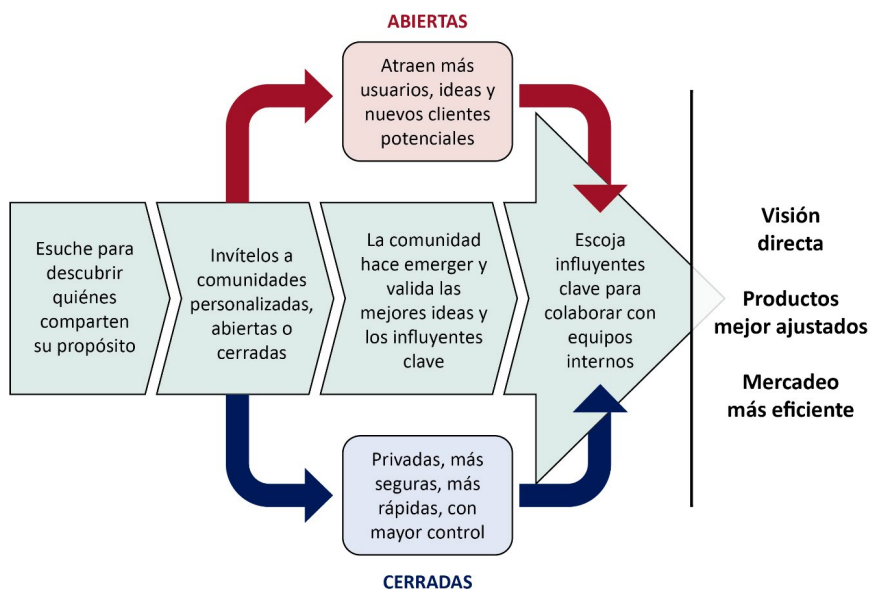


Figura 37. El proceso de co-creación
Fuente: elaboración del autor con base en Colaizzi (2011).

Inteligencia

El objetivo principal de estos métodos es identificar, obtener, sistematizar, analizar y comunicar información valiosa para la toma de decisiones estratégicas.

Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica

Según la Strategic and Competitive Intelligence Professionals (SCIP, 2013), la Inteligencia Competitiva se define como una disciplina empresarial respetuosa de la ética y necesaria para la toma de decisiones, basada en la comprensión del entorno competitivo, que se fundamenta en la recolección, el análisis y la distribución en la organización, de información externa que pueda afectar los planes de la empresa, sus decisiones, operaciones y desem-

peño. Tradicionalmente, esta función se ha realizado en las organizaciones de una forma desestructurada y apoyada en la participación en eventos, ferias y exposiciones, la consulta a expertos y el análisis de informes y publicaciones. Sin embargo, actualmente tiende a ser un proceso más sistemático y soportado en herramientas sofisticadas y conocimiento especializado, que transforma los datos en inteligencia para la toma de decisiones (figura 38).

Para designar esta función o algunos de sus componentes se utilizan distintos términos según el contexto geográfico o la tradición de ciertas escuelas de pensamiento. Los anglosajones tienden a preferir el término '*intelligence*', aunque también usan los términos '*surveillance*', '*watch*', '*monitoring*' y '*scanning*'; en francés, se utilizan con frecuencia los términos '*veille*' y '*surveillance*'; y en España y Latinoamérica, los términos 'vigilancia', 'monitoreo' y 'alerta', aunque el término 'inteligencia' aparece cada vez más frecuentemente, quizás por la influencia anglosajona. Como adjetivo que precisa el objeto de inteligencia, además de 'competitiva', que generalmente se reserva para la función de inteligencia en los contextos empresariales, distinguiéndola de otros contextos (por ejemplo, el estatal y el militar), también aparecen frecuentemente en la literatura términos que designan alguno de los objetos específicos de la inteligencia, como 'tecnológica', 'de mercados', etc. El término 'inteligencia de negocios' (*Business Intelligence*) tiende a referirse a la función de inteligencia aplicada a las fuentes internas de información de la empresa, principalmente sus repositorios históricos de información, bodegas de datos (*datawarehouses*) y bases de datos transaccionales.

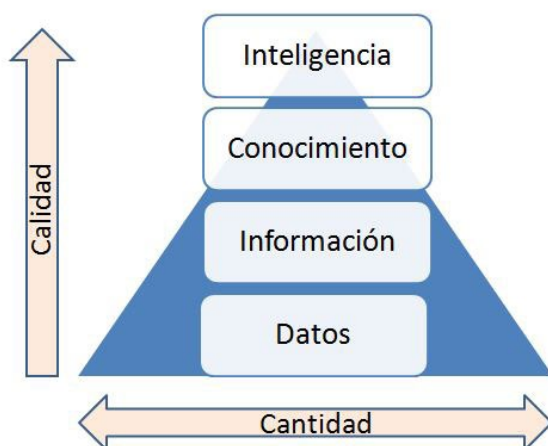


Figura 38. Pirámide informacional: de los datos a la inteligencia
Fuente: elaboración del autor con base en Páez Urdaneta (1992, p. 100).

Las bases científicas y tecnológicas de la Inteligencia Competitiva son las ciencias de la información y las tecnologías informáticas, en aquellas etapas del proceso que se centran en los datos y la información, con algunos campos específicos del conocimiento que han desarrollado ya tradiciones propias de análisis, como la cienciometría (en el dominio de las actividades científicas), la bibliometría (en el dominio de las publicaciones sistematizadas en bases de datos bibliográficas y de patentes), la webmetría (en el dominio de la web), etc. No obstante, en las etapas de análisis y generación de inteligencia, la Inteligencia Competitiva es un campo interdisciplinario en el que confluyen múltiples disciplinas que aportan conocimiento desde sus dominios específicos, ya sea para la aplicación de metodologías y técnicas especializadas de análisis (por ejemplo, la estadística), como para la contextualización y la interpretación de los resultados del análisis (la economía, la ciencia política, la administración de empresas, etc.), lo cual hace posible la generación de inteligencia como resultado final del proceso.

La Inteligencia Competitiva se aplica en múltiples campos en los que los directivos empresariales requieren información procesada y analizada para la toma de decisiones. Herring (1999) agrupa esos campos en tres categorías:

- Decisiones y acciones estratégicas: planes para entrar a nuevos mercados, crecimiento de la empresa, desarrollo de productos, decisiones de inversión, priorización para la asignación de recursos.
- Advertencia temprana: iniciativas emprendidas por la competencia, tecnologías emergentes, monitoreo del ambiente competitivo de proveedores y aliados, elaboración de perfiles de clientes y evolución de sus necesidades y poder de compra, tendencias de valoración de los atributos competitivos de los productos por parte de los usuarios, y cambios en la legislación y los asuntos regulatorios.
- Inteligencia sobre agentes clave del negocio: competidores, proveedores, clientes, usuarios, distribuidores, aliados.

Aunque no necesariamente de manera explícita, la tecnología aparece como factor común en varios de los anteriores temas de interés de la Inteligencia Competitiva: aparición de nuevos mercados abiertos por las nuevas tecnologías, desarrollo de nuevos productos y procesos, tecnologías emergentes con potencial impacto en el negocio, actividad de I+D de la competencia, patentamiento por parte de la competencia, actividad de los grupos y centros de investigación como potenciales aliados y proveedores de cono-

cimiento, etc. Teniendo en cuenta la importancia de la tecnología en la competitividad empresarial, es claro entonces que una buena parte del esfuerzo de Inteligencia Competitiva está orientado hacia la tecnología, lo que abre un espacio de especialización en temas tecnológicos que se denomina generalmente Inteligencia Tecnológica y, más específicamente en Latinoamérica, Vigilancia Tecnológica. A continuación y utilizando este último término, se harán algunas consideraciones sobre las actividades necesarias y las herramientas disponibles para su implementación en la empresa.

Como un campo especializado de la Inteligencia Competitiva, la implementación de la Vigilancia Tecnológica (VT) pasa por cuatro etapas (figura 39), que se presentan con algún detalle a continuación:

- enfoque y planeación del ejercicio de VT;
- recolección de información;
- análisis de la información y validación de los resultados; y
- comunicación de los resultados para la toma de decisiones.

Enfoque y planeación del ejercicio de VT

La VT debe enfocarse en asuntos de importancia crítica para la organización; para ello, se puede recurrir a distintas técnicas reportadas en la literatura, por ejemplo: Factores Críticos de Vigilancia (Palop & Vicente, 1999), Tópicos Clave de Inteligencia (Herring, 1999), Necesidades Clave de Inteligencia (Muller, 2004). Estos asuntos focalizarán la atención y recursos de la organización para la realización del ejercicio. Los recursos pueden ser considerables, por lo cual esta etapa del proceso definirá los alcances y limitaciones del ejercicio según las posibilidades de la organización. Dichos recursos hacen referencia al personal entrenado en las técnicas de recolección y análisis de la información (técnicas informáticas, estadísticas, económicas, administrativas), los recursos de información (bases de datos), los programas informáticos de búsqueda, captura y análisis de la información y la capacidad de contextualización e interpretación de los resultados. Eventualmente, todo el ejercicio o parte de él puede ser contratado como *outsourcing*.



Figura 39. Proceso cíclico de la Vigilancia Tecnológica

Fuente: elaboración del autor con base en Muller (2004) y Cámara de Madrid (2004, pp. 47 y ss.)

Ciertos recursos requeridos pueden tener un rango amplio de variación del costo o de la relación entre costos variables (por ejemplo, personal) y costos fijos (por ejemplo, licencias), por lo que en esta etapa de la VT es necesario hacer consideraciones cuidadosas al respecto. Algunos recursos son de libre acceso y no especializados, lo cual tiende a bajar sus costos fijos, pero a incrementar sus costos variables; otros recursos son especializados para VT, ya sea de aplicación restringida a etapas particulares o de aplicación al proceso completo, los cuales presentan altos costos, sobre todo estos últimos.

Recolección de información

En esta etapa se identifican y seleccionan las fuentes de información, se busca y captura la información sobre los temas de interés y se integra, sistematiza y depura la información pertinente para generar un corpus de información listo para el análisis.

Las fuentes de información pueden proveer información estructurada, como las bases de datos de patentes y documentación científica, o desestructurada, como la web (accesible mediante buscadores y metabuscadores).

Las bases de datos de patentes son una excelente fuente de información para la VT. Las principales proveen información libre que puede ser consultada en la web. A continuación, algunas direcciones útiles sobre patentes:

- European Patent Office: www.epo.org
- Japan Patent Office: <http://www.jpo.go.jp/>
- Oficina Española de Patentes y Marcas: www.oepm.es
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI / WIPO): www.wipo.int
- Thomson Reuters Delphion: www.delphion.com
- Thomson Reuters IP Solutions: Aureka, Derwent: <http://ip.thomsonreuters.com/product/patent-research-analysis>
- U.S. Patent and Trademark Office: www.uspto.gov

Con las patentes, la documentación científica es también una fuente de información de alto valor para la VT. A continuación, algunas de las bases de datos de este tipo de documentación:

- ABI-Inform (Gestión Empresarial): http://www.proquest.com/en-US/catalogs/databases/detail/abi_inform.shtml
- Biosis (Ciencias de la Vida): <http://thomsonreuters.com/biosis-citation-index/>
- Chemical Abstracts: <https://www.cas.org/>
- Compendex (Ingeniería): <http://www.elsevier.com/bibliographic-databases/compendex>
- Inspec: <http://inspecdirect.theiet.org/>
- Medline: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/>
- Science Citation Index: <http://ip-science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jloptions.cgi?PC=K>
- SCOPUS: <http://www.scopus.com/>
- Social Science Citation Index: <http://thomsonreuters.com/social-sciences-citation-index/>
- Web of Knowledge: <http://wokinfo.com/>

La búsqueda de información en los temas de interés se hace normalmente utilizando ecuaciones de búsqueda que deben diseñarse cuidadosamente, utilizando términos clave y reglas lógicas construidas con operadores booleanos. El diseño de las ecuaciones de búsqueda es una actividad de alta importancia en la VT, puesto que de estas ecuaciones dependen la cantidad y la calidad de la información arrojada. Por esta razón, las ecuaciones de búsqueda deben ser diseñadas con la participación de expertos en los temas de búsqueda, de una manera iterativa hasta llegar a una validación aceptable de las mismas.

La captura de la información arrojada por las búsquedas hechas en las bases de datos se descarga utilizando los formatos adecuados según las posibilidades del motor de búsqueda y de las herramientas de que disponga la organización. Entre las opciones de formato y herramientas para la descarga están EndNote, ProCite, Reference Manager y el formato ASCII.

Utilizando las herramientas de descarga o consolidando la información en Excel se procede a depurar los datos, eliminando registros no relevantes, completando datos faltantes, homologando sinónimos, y revisando y corrigiendo nombres de ciertos autores que aparecen citados de diferente manera.

Como herramientas especializadas para esta etapa de la VT²⁴ se pueden utilizar:

- Buscadores y metabuscadores para la web y las bases de datos de consulta libre en la web
- Copernic Agent: <http://www.copernic.com/en/products/agent/index.html>
- Google Académico: <http://scholar.google.com.co/>
- Vigiale: www.vigiale.com/
- Web QL: [www.ql2.com/products-services/ql2-webql/](http://www ql2.com/products-services/ql2-webql/)

²⁴ Hay otras herramientas que, además de la recolección de la información, sirven también para el análisis de la misma, que se listarán en dicha etapa de la VT.

Análisis de la información y validación de los resultados

En esta etapa la información se transforma en inteligencia antes de ser entregada para la toma de decisiones, a través de un proceso de análisis, contextualización e interpretación.

Para el análisis de la información se puede recurrir al uso de técnicas de estadística: estadística descriptiva (recuento de ocurrencias y co-ocurrencias, análisis de frecuencias, etc.), análisis multivariado (multidimensional, factorial y de *cluster*) y análisis de redes, entre otras. También se puede recurrir al uso de técnicas de inteligencia artificial, como la minería de datos y de texto y el análisis mediante redes neuronales y técnicas neuro-difusas.

Para esta etapa existen múltiples herramientas, entre las cuales se pueden citar:

- Cipher: <http://www.cipher-sys.com/software.html>
- Digimind: www.digimind.fr
- FindAgent: <http://www.findagent.se/>
- IHS Goldfire Intelligence: <http://inventionmachine.com/products-and-services/innovation-software/goldfire-content/>
- Matheo Software: www.matheo-software.com
- Patentinspiration: <http://www.creax.com/software/>
- PolyAnalyst: <http://megaputer.com/site/polyanalyst.php>
- SyN Semantic Center: <http://www.synthema.it/index.php/Prodotti/semantictechnology/>
- Tetralogie: <http://atlas.irit.fr/PIE/Outils/Tetralogie.html>
- VantagePoint: <https://www.thevantagepoint.com/>
- VigTech (Bucheli & González, 2007)

Además, el análisis de la información se puede consolidar mediante la consulta a expertos con capacidad de contextualizar e interpretar la información. Finalmente, los resultados obtenidos se validan, confrontándolos con las necesidades y requerimientos que dieron origen al ejercicio de VT, antes de proceder a comunicarlos a los interesados. De esta validación pueden resultar ajustes al proceso, ya sea en una refinación o precisión de alguna de las necesidades o en la recolección y análisis de la información.

Comunicación de los resultados para la toma de decisiones

Como etapa final de la VT, los resultados de la etapa anterior son comunicados a las personas que tienen la responsabilidad y autoridad para tomar decisiones, en formatos apropiados y en el momento oportuno.

Análisis estratégico

Las técnicas de análisis estratégico contribuyen a llevar a cabo y presentar los resultados de los estudios sobre el ambiente de negocios en que opera la organización y sobre la organización misma, para apoyar la formulación de la estrategia. Estas técnicas complementan las técnicas de inteligencia, en tanto que estas últimas están enfocadas a la información y las primeras al análisis.

Herramientas generales de análisis estratégico

El análisis estratégico corporativo y de negocios se ha apoyado tradicionalmente en un amplio conjunto de técnicas, usualmente conocidas por los dirigentes empresariales. Varias de estas técnicas se pueden aplicar a la gestión estratégica de la innovación. En la web se encuentran varios recursos de acceso libre que ilustran sobre este tipo de técnicas. En el cuadro 16 se lista una selección de las técnicas presentadas en Mind Tools (1996-2013), y en el cuadro 17 se resumen algunas de ellas.

Cuadro 16. Selección de técnicas de análisis estratégico descritas en Mind Tools

Core Strategy Tools	Understanding Competitive Advantage	Strategic Options
SWOT Analysis: Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats	Core Competence Analysis: Building Sustainable Competitive Advantage	Porter's Generic Strategies: Choosing Your Route to Competitive Advantage
The TOWS Matrix: Developing Strategic Options from an External-Internal Analysis	Porter's Diamond: Shaping Your Strategy to Reflect National Strengths and Weaknesses	Blue Ocean Strategy: Leaving Your Competition Far Behind
Porter's Five Forces: Understanding Power in a Situation	Kay's Distinctive Capabilities Framework: Using Relationships to Build Competitive Advantage	Understanding Game Theory: Using Reason to Predict Future Behavior

PEST Analysis: Identifying 'Big Picture' Opportunities and Threats	Ohmae's 3C Model: Bringing Together Different Aspects of Strategic Thinking	The Value Disciplines Model: Basing Strategy on Value
Critical Success Factors: Identifying the Things That Really Matter for Success	Kotler and Keller's Five Product Levels: Exceeding Customer Expectations	Disruptive Technologies: Recognize the Impact of New Products

Fuente: Mind Tools (1996-2013).

Cuadro 17. Descripción resumida de técnicas seleccionadas de Mind Tools

Core Competences Analysis The starting point for understanding core competences is understanding that businesses need to have something that customers uniquely value if they're to make good profits. 'Me too' businesses (with nothing unique to distinguish them from their competition) are doomed to compete on price: The only thing they can do to make themselves the customer's top choice is drop price. And as other 'me too' businesses do the same, profit margins become thinner and thinner. Now you'll probably find this an attractive idea, and it's often easy to think about a whole range of things that a company does that it can do well. However, Hamel and Prahalad [in their key 1990 paper 'The Core Competence of the Corporation'] give three tests to see whether they are true core competences: Relevance: Firstly, the competence must give your customer something that strongly influences him or her to choose your product or service. If it does not, then it has no effect on your competitive position and is not a core competence. Difficulty of imitation: Secondly, the core competence should be difficult to imitate. This allows you to provide products that are better than those of your competition. And because you're continually working to improve these skills, means that you can sustain its competitive position. Breadth of application: Thirdly, it should be something that opens up a good number of potential markets. If it only opens up a few small, niche markets, then success in these markets will not be enough to sustain significant growth. [Siguen los pasos para la aplicación de la técnica]
Porter's Generic Strategies Porter [in his 1985 book 'Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance'] called the generic strategies 'Cost Leadership' (no frills), 'Differentiation' (creating uniquely desirable products and services) and 'Focus' (offering a specialized service in a niche market). He then subdivided the Focus strategy into two parts: 'Cost Focus' and 'Differentiation Focus'.

The Cost Leadership Strategy

There are two main ways of achieving this [gaining competitive advantage] within a Cost Leadership strategy:

- Increasing profits by reducing costs, while charging industry-average prices.
- Increasing market share through charging lower prices, while still making a reasonable profit on each sale because you've reduced costs.

Differentiation Strategy

Differentiation involves making your products or services different from and more attractive than those of your competitors. [...] To make a success of a Differentiation strategy, organizations need:

- Good research, development and innovation.
- The ability to deliver high-quality products or services.
- Effective sales and marketing, so that the market understands the benefits offered by the differentiated offerings.

Focus Strategy

Companies that use Focus Strategies concentrate on particular niche markets and, by understanding the dynamics of that market and the unique needs of customers within it, develop uniquely low cost or well-specified products for the market. Because they serve customers in their market uniquely well, they tend to build strong brand loyalty amongst their customers. This makes their particular market segment less attractive to competitors.

As with broad market strategies, it is still essential to decide whether you will pursue Cost Leadership or Differentiation once you have selected a Focus Strategy as your main approach: Focus is not normally enough on its own.

[Siguen los pasos para la aplicación de la técnica]

Fuente: Mind Tools (1996-2013).

Prospectiva

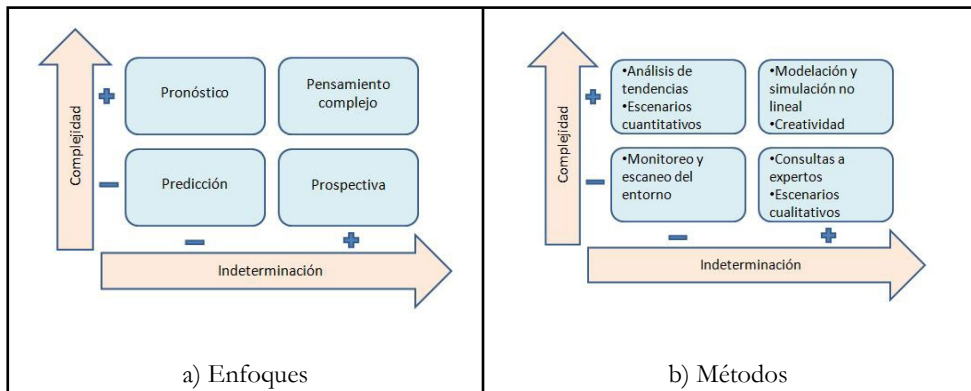
Son varias las aproximaciones conceptuales a la prospectiva y, en general, a los estudios de futuro, así como múltiples las herramientas que utiliza. Gaston Berger, uno de los pioneros de la escuela francesa de la prospectiva, la define como “observar lejos, ampliamente y profundamente, pensar en el hombre y asumir riesgos” (Berger, 1959, citado por Godet, 2007, p. 7). Godet cualifica esta definición con tres características adicionales: “observar de otro modo (no fiarse de las ideas recibidas), observar conjuntamente (apropiación) y utilizar los métodos tan rigurosos y participativos como sea posible para reducir las inevitables incoherencias colectivas” (Godet, 2007, p. 7).

Según Godet, la prospectiva y la estrategia no son lo mismo pero pueden estar íntimamente relacionadas. De allí el término Prospectiva Estratégica

acuñado en los 90, y que Godet define como “la anticipación de la prospectiva [...] al servicio de la acción estratégica y proyecto de la empresa” (p. 10). La pregunta central de la prospectiva (¿qué puede ocurrir en el futuro?), cuando va acompañada de las otras preguntas fundamentales del análisis estratégico (¿qué ha pasado antes?, ¿qué está pasando ahora?, ¿qué puedo hacer?), para establecer un marco de reflexión para la definición de los objetivos y las acciones estratégicas, da lugar a la Prospectiva Estratégica.

Godet y sus colegas han desarrollado desde los 80, primero en el Sema y después en el CNAM, un método de Prospectiva Estratégica por escenarios que integra un amplio conjunto de herramientas prospectivas (Godet, 2007). Por el tiempo, los recursos y el conocimiento especializado que demanda la aplicación de este método, queda prácticamente fuera del alcance de las Pyme. Sin embargo, las empresas pueden participar y se pueden beneficiar de ejercicios de prospectiva por escenarios (y de otras metodologías) que se realicen en su sector industrial y en su territorio, obteniendo información importante sobre tendencias y escenarios futuros que pueden integrar a sus análisis estratégicos.

Medina y Ortigón (2006) realizan una clasificación de los métodos y herramientas prospectivas con base en los cuadrantes que resultan de cruzar la complejidad y la indeterminación (figura 40).



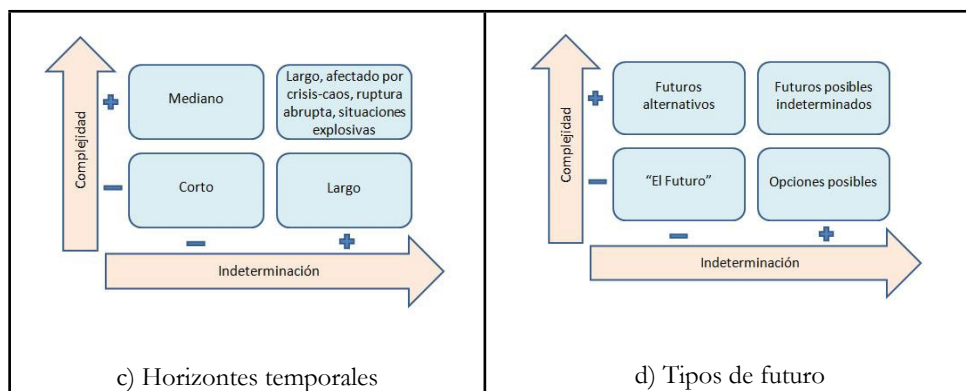


Figura 40. Enfoques, métodos, horizontes temporales y tipos de futuro según los niveles de complejidad e indeterminación

Fuente: elaboración del autor con base en Medina y Ortégón (2006).

Según esta clasificación:

- Los métodos de prospectiva (consulta a expertos y escenarios cualitativos) se aplican en horizontes de análisis de largo plazo y corresponden al cuadrante de alta indeterminación y baja complejidad, donde las opciones de futuro son múltiples y se plantean como futuros posibles, sin que pueda asignárseles una probabilidad de ocurrencia dada la imposibilidad de conocer todos los actores, variables y relaciones que controlan el sistema.
- Los métodos de pronóstico (análisis de tendencia y escenarios cuantitativos) se aplican en horizontes de análisis de mediano plazo y corresponden al cuadrante de alta complejidad y baja indeterminación, donde se pueden identificar futuros alternativos con probabilidad de ocurrencia.
- Los métodos de pensamiento complejo (modelación y simulación no lineal y creatividad) se aplican en horizontes de análisis de largo plazo afectados por crisis, caos, ruptura abrupta y situaciones explosivas, por lo que es imposible identificar futuros posibles debido al surgimiento de sorpresas y discontinuidades que provocan mutaciones al sistema.

En el capítulo 6 de la obra citada, Medina y Ortégón hacen también una recopilación de técnicas de prospectiva y estudios del futuro, presentando las clasificaciones propuestas por varios autores, así como sus objetivos, ventajas y desventajas, recopilación que resulta útil como referencia para profundizar en su estudio. Además, para este mismo propósito, se pueden consultar los siguientes sitios de Internet:

- Destino Colombia - Presentación general: <http://www.youtube.com/watch?v=tZt2vp9BLZg>
- Destino Colombia - Primera parte: <http://www.youtube.com/watch?v=3NB5xG0ZeyE>
- Destino Colombia - Segunda parte: http://www.youtube.com/watch?v=_ftkEyexN88
- Destino Colombia - Tercera parte: <http://www.youtube.com/watch?v=TS0SSqPS7So>
- Futuribles: www.futuribles.com
- Hudson Institute: www.hudson.org
- Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) at Seville: www.jrc.es/home/index.html
- Institute for the Future: www.iftf.org
- Instituto de Prospectiva de la Universidad del Valle: <http://www.instituto-prospectiva.org/>
- Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation (Lispor): www.laproprospective.fr
- RAND Corporation: www.rand.org
 - Shell: www.shell.com/scenarios
 - World Future Society: www.wfs.org
 - World Future Studies Federation: www.wfsf.org

Análisis del Ciclo de Vida del Producto

El análisis de las proyecciones de venta de un nuevo producto a partir del ciclo de vida de la adopción de innovaciones (ver capítulo 2 ‘Innovación’), puede complementarse con una perspectiva más adecuada para el análisis del producto. Este es el papel del análisis del Ciclo de Vida del Producto (PLC por sus siglas en inglés), cuyas etapas se ilustran en la figura 41a. De esta manera, es posible llegar a un análisis integral del mercado y el producto (figura 41b), para la toma de decisiones estratégicas de innovación en cada etapa del proceso.

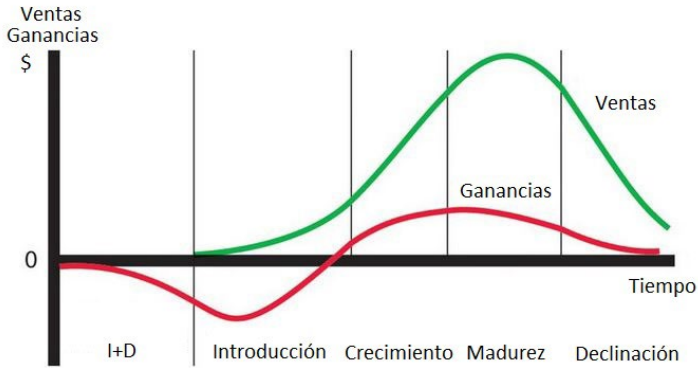


Figura 41a. Etapas del Ciclo de Vida del Producto

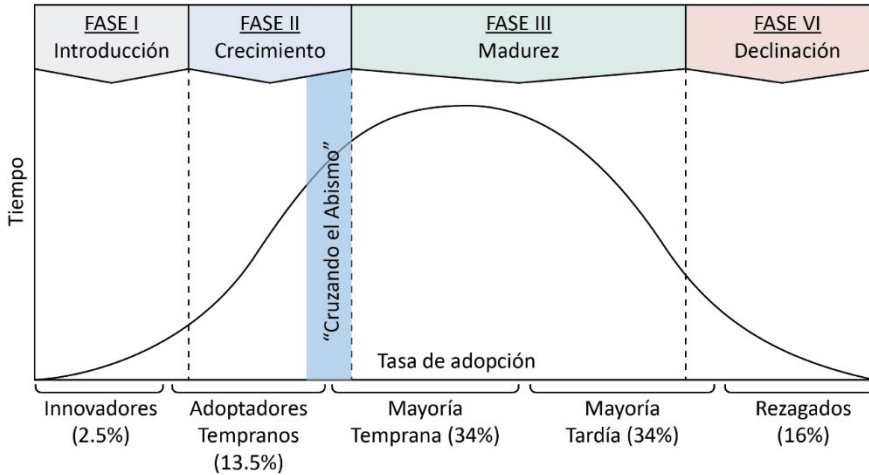


Figura 41b) Relación entre el Ciclo de Vida del Producto y el Ciclo de Vida de la Adopción de Innovaciones.

Fuente: elaboración del autor con base en Hax y Majluf (1996).

Las etapas del Ciclo de Vida del Producto se describen en el cuadro 18, con base en un recurso web donde el interesado en este tema podrá encontrar información especializada sobre esta herramienta de gestión.

Cuadro 18. Etapas del Ciclo de Vida del Producto

Introduction This stage of the cycle could be the most expensive for a company launching a new product. The size of the market for the product is small, which means sales are low, although they will be increasing. On the other hand, the cost of things like research and development, consumer testing, and the marketing needed to launch the product can be very high, especially if it's a competitive sector.
Growth The growth stage is typically characterized by a strong growth in sales and profits, and because the company can start to benefit from economies of scale in production, the profit margins, as well as the overall amount of profit, will increase. This makes it possible for businesses to invest more money in the promotional activity to maximize the potential of this growth stage.
Maturity Stage During the maturity stage, the product is established and the aim for the manufacturer is now to maintain the market share they have built up. This is probably the most competitive time for most products and businesses need to invest wisely in any marketing they undertake. They also need to consider any product modifications or improvements to the production process which might give them a competitive advantage.
Decline Eventually, the market for a product will start to shrink, and this is what's known as the decline stage. This shrinkage could be due to the market becoming saturated (i.e. all the customers who will buy the product have already purchased it), or because the consumers are switching to a different type of product. While this decline may be inevitable, it may still be possible for companies to make some profit by switching to less-expensive production methods and cheaper markets.

Fuente: Product Life Cycle Stages (2013).

El Ciclo de Vida del Producto es una herramienta de carácter descriptivo y normativo que debe ser aplicada con precaución. Su poder pronosticador es nulo, pero contribuye al análisis para la toma de decisiones que tienen que ver con el desarrollo de nuevos productos, su lanzamiento y promoción, la mejora o innovación incremental de los productos existentes, su reemplazo mediante innovación radical, los esquemas de precio y otras decisiones afines, según la etapa del ciclo.

Para el análisis del Ciclo de Vida del Producto, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Cada producto tiene su propio ciclo de vida. Hay productos de larga duración y hay otros que rápidamente salen del mercado. En ciertos casos, ciertos productos salen prematuramente del mercado porque son vencidos por productos sustitutos que ganan la batalla por convertirse

en el diseño dominante. El caso de los reproductores de video es ilustrativo: pese a una entrada posterior, el formato VHS ganó finalmente el mercado sobre el formato Betamax, obligando la salida prematura de un producto que tenía condiciones técnicas superiores.

- La etapa de I+D puede tardar más de lo estimado y los costos pueden aumentar, exigiendo una mayor inversión antes de la introducción al mercado. Esto no solo tiene efectos financieros, sino costos de oportunidad que pueden ser muy altos; por tanto, es importante gestionar adecuadamente el *‘time-to-market’* (tiempo entre el inicio del desarrollo del producto y su lanzamiento al mercado) como una variable estratégica del proceso de innovación.
- El ciclo aplica desde el comienzo para productos innovadores radicales. La innovación incremental del producto cobra sentido en las etapas posteriores a la introducción. En la etapa de crecimiento, es importante para cerrar la brecha entre adoptadores tempranos (o visionarios) y la mayoría temprana (o pragmáticos), buscando generar ‘productos totales’. La innovación incremental debe continuar en la etapa de madurez, para conservar la participación en el mercado frente a la mayor competencia que surge en esta etapa. Algunas veces, es posible revertir el decrecimiento del mercado en la etapa de declinación, también mediante la innovación incremental.
- La innovación de los procesos de producción del producto juega también un papel importante en el ciclo, así como otras formas de innovación. La innovación de procesos puede contribuir a bajar los precios del producto luego de su introducción, mejorando las condiciones para la ampliación del mercado en la etapa de crecimiento, pero sobre todo de madurez, cuando la competencia se incrementa. Otras formas de innovación, por ejemplo la innovación de modelos de negocio, puede ayudar críticamente a ganar competitividad en la etapa de madurez del mercado y a retardar la etapa de declinación.

Evaluación de la gestión y las capacidades de innovación

Según la norma colombiana NTC 5800 (Icontec, 2008a, p. 2), la ‘autoevaluación de la gestión de la I+D+i’ se refiere a un “[i]nstrumento de sensibilización, análisis y evaluación del grado de cumplimiento del compromiso de la organización en la adecuada gestión de sus recursos de I+D+i”. La

evaluación interna o autoevaluación del sistema de gestión de la innovación cierra el ciclo PHVA y contribuye a la preparación de la empresa para una eventual certificación de su sistema de gestión.

En el capítulo 5, ‘Modelo de gestión de la innovación empresarial’, se presenta un método de evaluación de la gestión de la innovación que incluye una evaluación de las capacidades y los resultados de innovación y genera el diagnóstico respectivo. El método se puede implementar a través de un aplicativo que arroja, entre otros resultados, la línea base de indicadores del sistema y puede ser actualizado anualmente para mostrar la evolución en el tiempo de dichos indicadores. Complementariamente, en el capítulo 8, ‘Organización formal e informal para la innovación’, se presenta un proceso organizacional que tiene como propósito la evaluación de la gestión de la innovación y que integra dicha evaluación en el mapa de procesos del sistema completo (figura 30).

Modelación y simulación

Un modelo de simulación puede definirse como una estructura de componentes y un conjunto de relaciones y reglas que las definen (por ejemplo, ecuaciones, diagramas de flujo, etc.), que establecen la forma en que el sistema bajo estudio cambiará en el futuro a partir de un estado inicial. La simulación es el proceso que lleva el modelo de su condición inicial a los diferentes estados cambiantes que irá adoptando en el futuro (de manera discreta o continua). La modelación y la simulación son métodos apropiados para entender aquellos sistemas complejos donde la dinámica temporal es importante. (Borshchev & Filippov, 2004)

En los métodos estructurados, la representación de modelos de simulación toma formas particulares dependiendo del tipo de método, mientras que los resultados de la simulación suelen presentarse como gráficos que muestran la evolución en el tiempo de las variables de estudio del sistema o fenómeno (figura 42).

Usualmente, la simulación de procesos, sistemas y eventos reales implica la utilización de programas informáticos. Los usos de la simulación incluyen la descripción de fenómenos complicados y la observación de los resultados que emergen de las relaciones complejas que se dan en ciertos sistemas. En particular, en la literatura especializada en gestión empresarial se nota un interés creciente en la simulación como aproximación metodológica para

el desarrollo teórico en temas relacionados con la estrategia y las organizaciones, debido a que la simulación revela los resultados de la interacción entre múltiples procesos organizacionales y estratégicos, especialmente a medida que tales procesos se desarrollan en el tiempo (Davis, Eisenhardt & Bingham, 2007). En su trabajo sobre la simulación como método para desarrollo de teorías de organización y estrategia, Davis, Eisenhardt y Bingham (2007) presentan una comparación de distintos métodos de simulación, respecto a su enfoque, las preguntas comunes de investigación que ayudan a abordar, las suposiciones clave sobre las que descansan, su lógica teórica y el tipo de experimentos en que usualmente se utilizan. A continuación se hará un resumen de la caracterización de los métodos más usados de simulación, con base en estos y otros autores. Sin embargo, es importante concluir esta introducción a los métodos de modelación y simulación con la advertencia e invitación que hace Sterman sobre su uso:

Comprender sistemas complejos requiere el dominio de conceptos tales como retroalimentación, niveles y flujos, retrasos de tiempo y no linealidad. La investigación muestra que estos conceptos son altamente contradictorios y poco conocidos. También muestra cómo se pueden enseñar y aprender. Hacerlo requiere el uso de modelos formales y simulaciones para probar nuestros modelos mentales y desarrollar nuestra intuición sobre sistemas complejos. Sin embargo, aunque son esenciales, estos conceptos y herramientas no son suficientes. Convertirse en un pensador sistémico efectivo también requiere el uso riguroso y disciplinado de las habilidades de investigación científica para que podamos descubrir nuestras suposiciones y sesgos ocultos. Requiere respeto y empatía por los demás y otros puntos de vista. El pensamiento sistémico más importante y más difícil de aprender requiere comprender que todos los modelos son incorrectos y aceptar con humildad las limitaciones de nuestro conocimiento. (Sterman, 2002, p. 502, traducción del autor)

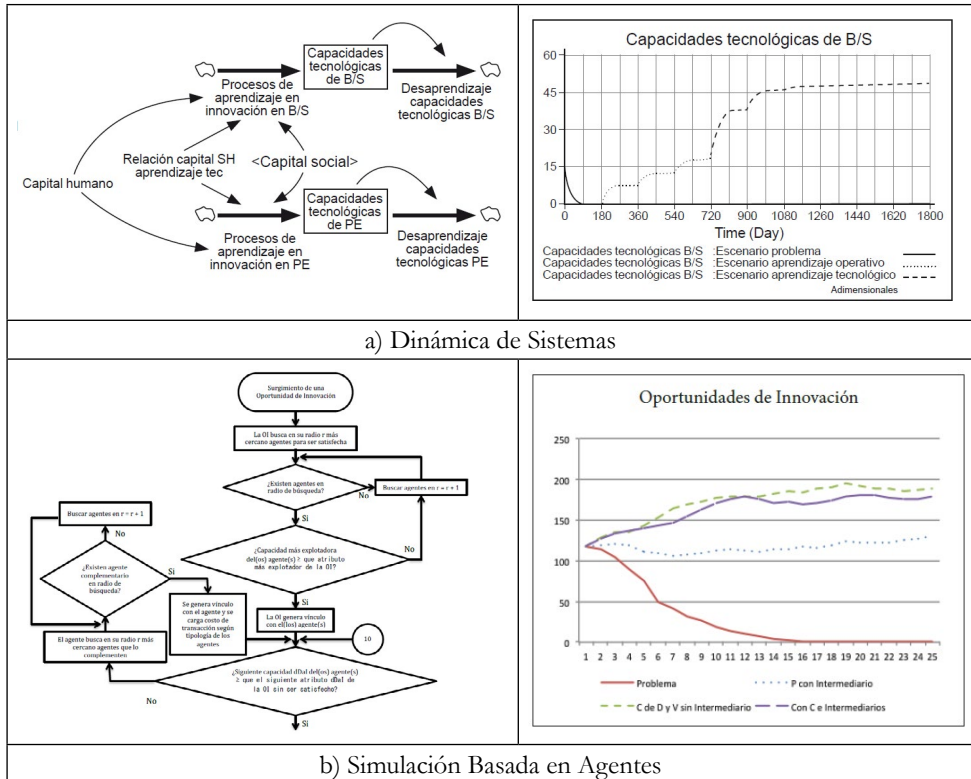


Figura 42. Ejemplos de modelos y resultados de simulación

Fuente: Robledo y Ceballos (2008) y Ruiz, Quintero y Robledo (2016).

Dinámica de Sistemas (Sterman, 2000; Davis, Eisenhardt & Bingham, 2007; Lättilä, Hilletoft & Lin, 2010)

La Dinámica de Sistemas (DS) fue originalmente introducida por Jay Forrester a finales de los 50 (ver Forrester, 1958), con el propósito de lidiar con la complejidad dinámica introducida por ciclos de realimentación. Inicialmente, Forrester estaba interesado en las dinámicas de las cadenas de suministro, pero luego extendió su metodología a las dinámicas urbanas y al desarrollo mundial. Más recientemente, la DS ha sido aplicada en muchas áreas, incluyendo la economía, la ecología, la innovación, la gestión empresarial, el desarrollo de *software* y los mercados.

En temas de gestión empresarial e innovación, la DS ha demostrado su poder como herramienta descriptiva y analítica. La literatura especializada revela sus numerosas contribuciones en campos como la investigación de operaciones, el comportamiento organizacional, la mercadotecnia, la toma de decisiones y la estrategia (Gary, Kunk, Morecroft & Rockart, 2008).

La simulación mediante DS se enfoca en las relaciones causales entre variables de un sistema, las cuales influyen críticamente su comportamiento. La DS es particularmente útil para simular sistemas con causalidades y relaciones temporales complejas, cuya dinámica está gobernada por la interacción de flujos y acumulaciones. Aunque la DS puede manejar cierto nivel de estocasticidad, una limitación de la DS es que descansa fundamentalmente en ecuaciones diferenciales determinísticas, por lo cual no es útil en aquellos casos que involucren fenómenos estocásticos de manera significativa.

Simulación Basada en Agentes y Autómatas Celulares (Lättilä, Hilletoft & Lin, 2010; Davis, Eisenhardt & Bingham, 2007)

La Simulación Basada en Agentes (SBA) estudia la emergencia a nivel macro de patrones de comportamiento de un sistema a partir de las interacciones de agentes semi-inteligentes a nivel micro. La información y el conocimiento de los agentes respecto a otros agentes y al ambiente son limitados. Los agentes (individuos, organizaciones, etc.) pueden colaborar, competir, coordinar, compartir e interactuar entre sí y con el ambiente en el que se desempeñan; así puede emerger del sistema inteligencia colectiva que de otra manera no surgiría por efecto de las acciones aisladas de los agentes. En la SBA, la complejidad del sistema emerge de las interacciones entre agentes, a diferencia de la DS, en la que la complejidad emerge de los ciclos causales y las relaciones temporales

Los Agentes Celulares (AC) son un caso particular del método más general de la SBA, que presupone la dependencia espacial de las relaciones entre los agentes (competidores en una industria, ciudades en un territorio), lo que significa que el grado en que los agentes se influyen unos a otros depende de la distancia a la que están situados. En la SBA, las relaciones entre agentes se basan en reglas, que usualmente son uniformes (el comportamiento de todos los agentes de un tipo responde a las mismas reglas) y deterministas. En los AC, las reglas de relacionamiento se refieren a procesos espaciales, de forma que los agentes cercanos se influyen más que los distantes (por ejemplo, procesos de difusión, propagación y competencia). La simulación de AC es útil para estudiar los patrones que emergen de los procesos espaciales de relación entre agentes de un sistema (por ejemplo, procesos de difusión, competencia, propagación y segregación), en los cuales el grado de afectación del comportamiento de los agentes disminuye con su distancia.

Eventos Discretos (Borshchev & Filippov, 2004)

Borshchev y Filippov (2004, p. 6) definen el modelaje y simulación de Eventos Discretos (ED) como el enfoque metodológico basado en el concepto de entidades, recursos y gráficos de bloques que describen el flujo de entidades y el intercambio de recursos. Esta aproximación se deriva del *General Purpose System Simulation Program* (GPSS) desarrollado por Geoffrey Gordon (1961) e implementado en IBM. Las ‘entidades’ (*entities*) son objetos pasivos que representan individuos, componentes, documentos, actividades, mensajes, etc., que viajan a través de los bloques del diagrama de flujo, en los cuales las entidades son sometidas a varios procesos como espera en fila, demora, transformaciones, adquisición o entrega de recursos, división, combinación, etc. Existen muchos programas informáticos que modelan y simulan ED, pero todos tienen en común los motores de eventos discretos que transportan las entidades a través de los bloques del sistema. Esta forma de modelar y simular tiene múltiples aplicaciones para representar el flujo de entidades discretas entre instancias donde reciben algún nivel de afectación, como es el caso de los sistemas de logística, el transporte, la prestación de servicios, los procesos organizacionales, los procesos manufactureros, etc.

La DS y los EV son los métodos de simulación más utilizados en el ámbito de las organizaciones. La SBA viene ganando aceptación rápidamente y está siendo cada vez más utilizada, aunque todavía es un campo emergente frente a la tradición que exhiben los dos anteriores. Respecto a sus campos de aplicación, si bien algunos sistemas y fenómenos admiten un tratamiento aproximadamente equivalente mediante cualquiera de ellos, más apropiadamente se delimitan respecto a las características de cada método, según se expone arriba. Borshchev y Filippov (2004, p. 3) sugieren una delimitación del campo de aplicación de los tres métodos, según sus niveles de abstracción y detalle y según la naturaleza discreta o continua de la dinámica estudiada, como se muestra en la figura 43. Como se puede apreciar, la DS y los ED tienden a situarse en campos diagonalmente opuestos, mientras que la SBA abarca un campo más amplio, pero en el dominio de los sistemas discretos.

NK Fitness Landscapes (Davis, Eisenhardt & Bingham, 2007)

Este método de simulación fue desarrollado para el estudio de sistemas genéticos en biología evolucionista; permite analizar la rapidez y efectividad con que un sistema se adapta para alcanzar un punto óptimo de desempeño,

especialmente cuando es crucial la relación entre los componentes del sistema. Este se representa como un conjunto de N nodos y K interacciones entre ellos (por ejemplo, organización, producto y estrategia y sus relaciones). El sistema usa mecanismos de búsqueda, tales como desplazamientos incrementales y grandes saltos, para encontrar el punto de desempeño óptimo (por ejemplo, la mejor mezcla organización, producto y estrategia).

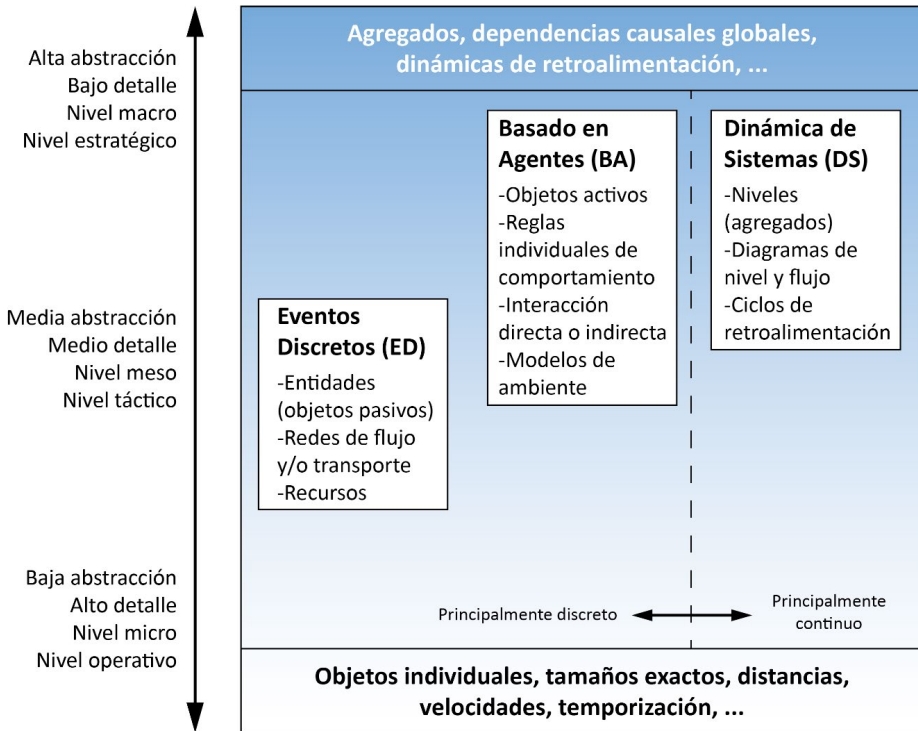


Figura 43. Campos de aplicación de la DS, los ED y la SBA según niveles de abstracción y detalle

Fuente: elaboración del autor con base en Borshchev y Filippov (2004, p. 3).

Algoritmos Genéticos (Davis, Eisenhardt & Bingham, 2007)

Al igual que el método anterior, este método de simulación tiene sus orígenes en la biología evolucionista. Ambos son métodos de optimización; sin embargo, el enfoque de los Algoritmos genéticos (AG) es la velocidad y efectividad del aprendizaje adaptativo de una población heterogénea cuyo comportamiento está determinado por los genes (por ejemplo, una pobla-

ción de organizaciones definidas por sus rutinas, una población de consumidores caracterizados por sus preferencias). El aprendizaje ocurre mediante un proceso estocástico que simula los procesos evolutivos (variación-selección-retención), complementado con mutaciones y fertilizaciones cruzadas. La selección de genes (o de agentes del sistema) se produce con base en sus desempeños; eventualmente, solo un tipo de agentes sobrevivirá. Los AG son útiles para simular sistemas de agentes cuya dinámica está gobernada por procesos dependientes de la trayectoria (*path dependent*) y combinatorios, como organizaciones y consumidores que aprenden soluciones mejoradas a través de la experiencia, la experimentación, la síntesis creativa de ideas y las equivocaciones.

Procesos Estocásticos (Davis, Eisenhardt & Bingham, 2007)

A diferencia de todos los anteriores métodos de simulación, que pueden considerarse estructurados, los procesos estocásticos (PE) se refieren a una amplia clase de métodos de simulación no estructurados que comparten la característica de basarse en algoritmos o combinación de algoritmos diseñados a la medida de los requerimientos de uso; además, aunque los métodos de simulación estructurados pueden incluir la posibilidad de representar fenómenos estocásticos, tienen una estructura mucho más específica que los PE, cuya aproximación es mucho más flexible para posibilitar el diseño de simulaciones a la medida del usuario. La aproximación a la simulación desde los PE es carente de estructura en la medida de que no hace suposiciones específicas sobre el sistema, la pregunta de investigación o la lógica teórica subyacente; su particularidad es que permite simular fenómenos con varias fuentes de estocasticidad, representándolas mediante distribuciones estocásticas que pueden ser simples (por ejemplo, selección 50/50) o complejas (por ejemplo, distribuciones normales o de Poisson).

Planeación estratégica

Cuadro de Mando Integral o Tablero de Control de Mando (BSC) y mapas estratégicos

La elaboración de los planes estratégicos (figura 18) que concretan la formulación de la estrategia se apoya en diversos instrumentos, entre los cuales uno ampliamente difundido es el desarrollado por Kaplan y Norton en los 90, el *Balanced Scorecard* (BSC), traducido como Cuadro de Mando Integral o

Tablero de Control de Mando (Kaplan & Norton, 1992). Inicialmente propuesto como una herramienta de medida de desempeño, el BSC ha evolucionado a una herramienta de gestión estratégica que también se usa como instrumento de planeación estratégica (Huang, 2009). Para ello, el BSC observa la organización desde cuatro perspectivas complementarias: la perspectiva financiera, que recoge las expectativas de los dueños; la perspectiva de los clientes, que indica qué debe hacer la empresa para satisfacer las necesidades de sus clientes; la perspectiva interna, que define los procesos internos que garantizan la satisfacciones de las necesidades de los clientes y las expectativas de los dueños; y la perspectiva del aprendizaje y el crecimiento, que identifica los aspectos críticos para mantener la excelencia en el desempeño de las demás perspectivas.

En cada una de estas cuatro perspectivas se requiere especificar objetivos subsidiarios que conduzcan al logro de los objetivos estratégicos y al desarrollo de la misión, definir los indicadores para el control del desempeño y generar políticas adecuadas de incentivo para la motivación de los responsables. Mediante la integración de la visión, la misión, los objetivos estratégicos, los objetivos específicos y los indicadores de desempeño en cada perspectiva, se construyen los mapas estratégicos. Estos mapas permiten visualizar de manera gráfica las estrategias y entender la coherencia, jerarquía y relaciones causales de los objetivos estratégicos, facilitando la elaboración de planes que recogen los objetivos y acciones estratégicas, asignan responsabilidades y recursos y establecen los mecanismos de evaluación y los indicadores de desempeño (Fernández, 2001).

Gestión de portafolios de proyectos de I+D+i

La gestión de portafolios de proyectos de I+D+i se apoya en métodos y técnicas de naturaleza muy variada, una selección de las cuales se presenta en el capítulo 7, ‘Gestión de portafolio y proyectos de I+D+i’.

Mapas de ruta tecnológicos (*Technology Roadmapping*)

Un mapa de ruta tecnológico puede describirse como una representación visual de la estrategia tecnológica y de innovación de la empresa; se clasifica como una herramienta de planeación estratégica que ayuda a vincular y alinear la estrategia tecnológica (y de innovación) con la estrategia de negocios (Gerdsri, Assakul & Vatananan, 2010). Dada la naturaleza flexible de esta herramienta, puede ser usada también en la formulación y comunicación

de la estrategia, además de su implementación (Phaal, Farrukh & Probert, 2004). Según estos autores, como técnica de análisis estratégico, puede ser empleada para mejorar el ‘radar’ de la organización, contribuyendo a identificar tecnologías emergentes y evaluar sus posibles amenazas y oportunidades para el negocio.

Aunque la forma que toman en la práctica los Mapas de Ruta Tecnológicos es muy variada, la figura 44 presenta una estructura que ha sido popularizada por la European Industrial Research Management Association (EIRMA) (Phaal, Farrukh & Probert, 2004). Su utilidad principal reside en que representa gráficamente en el tiempo la coevolución de la tecnología, los productos y el mercado para asegurar la alineación de los respectivos planes estratégicos. La elaboración de un mapa de este tipo requiere una secuencia de talleres de trabajo de planeación estratégica, en la cual los tres primeros están dedicados a cada una de las capas (mercado, productos y tecnología), con un taller final para hacer el ensamble del mapa (figura 45). Tanto el proceso como el producto resultante se pueden adaptar a las necesidades específicas de la empresa, modificando las capas del Mapa e, incluso, su estructura, pero cuidando de mantener la representación gráfica en el tiempo de los componentes principales de la estrategia y su mutuo relacionamiento.

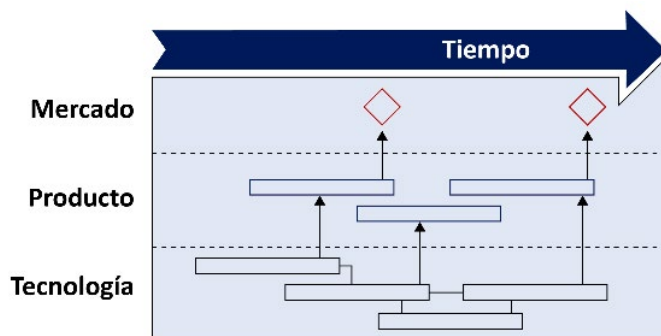


Figura 44. Estructura del Mapa de Ruta Tecnológico propuesto por EIRMA

Fuente: elaboración del autor con base en European Industrial Research Association (1997), citado por Phaál, Farrukh y Probert, 2004, p. 10

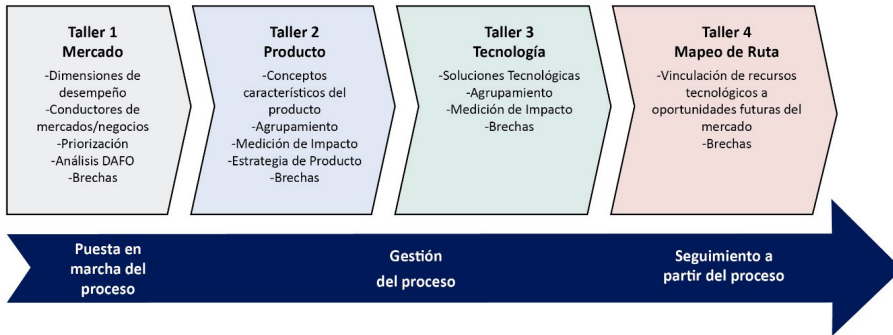


Figura 45. Proceso de elaboración del Mapa de Ruta Tecnológico de la figura 44
Fuente: elaboración del autor con base en Phaal, Farrukh y Probert (2004, p. 17)

REFERENCIAS

- Aguirre, J. & Robledo, J. (2011). Evaluación de capacidades de innovación tecnológica en la industria colombiana de software utilizando lógica difusa. En J. Robledo Velásquez (Ed.), *Gestión de las capacidades de innovación tecnológica para la competitividad de las empresas antioqueñas de software* (pp. 95-210). Medellín: Todográficas Ltda.
- Ahmed, P. K. (1998). Culture and climate for innovation. *European Journal of Innovation Management*, 1(1), 30-43.
- Aiken, M. & Hage, J. (1971). The Organic Organization and Innovation. *Sociology*, 5, 63-82.
- Arias, F. J. (19 de Julio de 2009). MEGA del Grupo EPM. *El Colombiano*, s.p.
- Arnold, T. & Headley, T. (1987). Factors in Pricing License. *Les Nouvelles, Quar-terly Journal of the Licensing Executives Society*, 12(1).
- Arrow, K. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies*, 29, 166-170.
- Arteaga, L., Nemogá, G. R. & Reguero, M. T. (1997). Los derechos de propiedad intelectual y los organismos vivos. En J. Mayorga Pinzón, *Manual sobre la propiedad intelectual de productos derivados de la actividad académica en universidades y centros de investigación* (pp. 91-111). Bogotá: Colciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Aubad, R., Gómez, D. F., Niebles, L. M. & Ospina, O. M. (2004). *Si Antioquia aprende, habrá futuro. Primera aproximación a una agenda de innovación y desarrollo científico y tecnológico para Medellín y Antioquia*. Documento de divulgación, Medellín.
- Aubad, R., Gómez, D. F., Ospina, O. M. & Niebles, L. M. (2003). *Las actividades claves para la Antioquia del futuro. Informe de investigación*. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, Centro de Estudios en Economía Sistémica, Medellín.
- Bancóldex (2012a). ¿Qué es Bancóldex Capital? Recuperado el 25 de julio de 2013, de Bancóldex: http://www.bancoldex.com/BancoldexCapital/Qu%C3%A9_es_Banc%C3%B3ldex_Capital.aspx
- Bancóldex (2012b). *Programas especiales de Bancóldex*. Recuperado el 25 de julio de 2013, de Bancóldex: <http://www.bancoldex.com/ProductosyServicios/Programas-especiales-de-Bancoldex.aspx>

- Barbosa, E. (2014). Organizational culture oriented for innovation: Influencing variables. *Tarnow Research Papers Collection*, 25(2), 37-45.
- Bardi, U. (2011). *The Limits to Growth Revisited*. New York, NY: Springer.
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17, 99-120.
- Basadur, M. (1992). Managing Creativity: A Japanese Model. En R. Katz, *The Human Side of Managing Technological Innovation: A Collection of Readings* (pp. 68-79). New York: Oxford University Press.
- Bass, F. (1969). A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, 15, 215-227.
- Bell, M. (1984). Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries. En M. Fransman & K. King, *Technological Capability in the Third World*. London: MacMillan.
- Bell, M. (1991). *Science and Technology Policy Research in the 1990s: Key Issues for Developing Countries*. Paper prepared for the SPRU 25th Birthday Conference, SPRU, University of Sussex, Brighton (UK).
- Berger, G. (1959). L'attitude prospective. *L'Encyclopédie Française*, t. XX. Société Nouvelle de l'Encyclopédie Française.
- Boer, P. (1998). Traps, pitfalls and snares in the valuation of technology. *Research Technology Management*, 41(5), 45-54.
- Boer, P. (1999). *The Valuation of Technology: Business and Financial Issues in R&D*. New York: John Wiley & Sons.
- Boman, A. & Larsson, J. (2003). *Patent Valuation in Theory and Practice*. Linköping, Sweden: Linköping University, Department of Management and Economics.
- Borshchev, A. & Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools. *The 22nd International Conference of the System Dynamics Society*. Oxford.
- Brisolla, S. (1995). Indicadores de innovación, el gran desafío. En Colciencias, *Hacia la construcción de un Observatorio de Ciencia y Tecnología para Colombia*. Bogotá: Colciencias.
- Bucheli, V. A. & González, F. A. (2007). Herramienta informática para vigilancia tecnológica Vigtech. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 4(1), 117-126.
- Burgelman, R. A. & Maidique, M. A. (1988). *Strategic Management of Technology and Innovation*. Homewood, IL: Irwin.
- Burgelman, R. A., Maidique, M. A. & Wheelwright, S. C. (2004). *Strategic Management of Technology and Innovation*. New York: McGraw-Hill.
- Burke, W. W. & Litwin, G. H. (1992). A causal model of organizational performance and change. *Journal of Management*, 18(3), 523-545.
- Burrus, D. & Gittines, R. (1993). *Technotrends*. Harper Business, U.S.A.
- Business Dictionary (2013). Co-creation. Recuperado el 27 de julio de 2013, de *Business Dictionary*: <http://www.businessdictionary.com/definition/co-creation.html>

- Cámara de Madrid (2004). *Herramientas de gestión de la innovación*. Madrid: Cámara de Madrid.
- Carlsson, C., Fuller, R., Heikkilä, M. & Majlender, P. (2007). A fuzzy approach to R&D project portfolio selection. *International Journal of Approximate Reasoning*, 44, 93-105.
- Chartered Institute of Management Accountants (2007). *Strategic Analysis Tools*. London: CIMA.
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Chesbrough, H., Vanhaverbeke, W. & West, J. (2006). *Open Innovation: Researching a New Paradigm*. London: Oxford University Press.
- Cimoli, M. & Dosi, G. (1994). De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de innovación. *Comercio Exterior* (agosto).
- Clark, K. B. & Wheelwright, S. C. (1992). Organizing and Leading “Heavyweight” Development Teams. En R. Katz, *The Human Side of Managing Technological Innovation: A Collection of Readings* (pp. 201-214). New York: Oxford University Press.
- Cohen, W. M. & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and Learning: The Two Faces of R&D. *The Economic Journal*, 99, 569-596.
- Colaïanni, A. (10 de marzo de 2011). *Co-Creation: il vero valore dell'innovazione customer-centric*. Recuperado el 27 de julio de 2013, de Sitio web de 90-10 Group: <http://www.9010group.com/countries/9010-italy/co-creation-il-vero-valore-dellinnovazione-customer-centric>
- Colombia. Colciencias (1995). *Política nacional de innovación y desarrollo tecnológico. Documento de política*. Bogotá: Colciencias / Ministerio de Desarrollo Económico / Ministerio de Agricultura / IFI.
- Colombia. Colciencias (2018). *Libro Verde 2030. Política nacional de ciencia e innovación para el desarrollo sostenible*. Bogotá: Colciencias.
- Colombia. Departamento Nacional de Planeación (1998). El futuro del sistema colombiano de innovación (v. II, Informes finales). Bogotá: DNP, Colciencias, Gobierno del Japón, Banco Mundial.
- Colombia. Departamento Nacional de Planeación (2014). *Guía metodológica para el seguimiento y la evaluación a políticas públicas*. Bogotá: DNP.
- Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio (2008a). *Diseños industriales, esquemas de trazado de circuitos integrados, secretos empresariales. Folleto de divulgación*. Bogotá: SIC.
- Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio (2008b). *Marcas. Folleto de divulgación*. Bogotá: SIC.
- Colombia. Superintendencia de Industria y Comercio (noviembre de 2013). *Nombres y enseñanzas comerciales*. Recuperado el 30 de abril de 2017, de Superintendencia de Industria y Comercio: <http://www.sic.gov.co/nombres-y-ensenas-comerciales>
- Comisión de la Comunidad Andina de Naciones (2002). *Decisión 486: régimen común sobre la propiedad industrial*. Recuperado el 5 de septiembre de 2002, de sitio web de la Superintendencia de Industria y Comercio: <http://www.sic.gov.co/Normatividad/Supranacionales/Decision486.htm>

- Coombs, R. & Richards, A. (1991). Technologies, Products and Firm's Strategies - Part I: A Framework for Analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*, 3(1), 77-86.
- Cooper, R. G. & Edgett, S. J. (2001). *Portfolio Management for New Products: Picking the Winners. Working Paper, 11*, Product Development Institute, Ancaster (Ontario).
- Cooper, R. G., Edgett, S. J. & Kleinschmidt, E. J. (1999). New product portfolio management: practices and performance. *The Journal of Product Innovation Management*, 16(4), 333-351.
- Cooper, R. G., Edgett, S. J. & Kleinschmidt, E. J. (2001). *Portfolio Management for New Product Development: Results of an Industry Practices Study. Working Paper, 13*, Product Development Institute, Ancaster (Canada).
- Creative Commons Colombia (s.f.). *Creative Commons*. Recuperado el 28 de julio de 2016, de Creative Commons Colombia: https://co.creativecommons.org/?page_id=12
- Crespi, G., Fernández-Arias, E. & Stein, E. (Eds.) (2014). ¿Cómo repensar el desarrollo productivo? Políticas e instituciones sólidas para la transformación económica. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Damanpour, F. (1987). The Adoption of Technological, Administrative, and Ancillary Innovations: Impact of Organizational Factors. *Journal of Management*, 13(4), 675-688.
- Damanpour, F. (1991). Organizational Innovation: A Meta-Analysis of Effects of Determinants and Moderators. *Academy of Management Journal*, 34, 555-590.
- Damanpour, F. & Gopalakrishnan, S. (1998). Theories of organizational structure and innovation adoption: the role of environmental change. *Journal of Engineering and Technology Management* 15, 1-24.
- Davenport, T. (1997). *Information Ecology*. Oxford: Oxford University Press.
- Davis, J., Eisenhardt, K. & Bingham, B. C. (2007). Developing theory through simulation methods. *Academy of Management Review*, 32(2), 480-499.
- Davis, L. N. & Meyer, K. E. (2004). Subsidiary research and development, and the local environment. *International Business Review* (13), 359-382.
- Denison, D. R. (1996). What is the Difference between Organizational Culture and Organizational Climate? A Native's Point of View on a Decade of Paradigm Wars. *The Academy of Management Review*, 21(3), 619-654.
- Denning, S. (20 de 11 de 2012). *What Killed Michael Porter's Monitor Group? The One Force That Really Matters*. Recuperado el 29 de mayo de 2013, de Forbes.com: <http://www.forbes.com/sites/stevedenning/2012/11/20/what-killed-michael-porters-monitor-group-the-one-force-that-really-matters/>
- DeSanctis, G., Glass, J. T. & Ensing, I. M. (2002). Organizational Designs for R&D. *Academy of Management Executive*, 16(3), 55-66.
- Dodgson, M. (1987). Small Firms, Advanced Manufacturing Technology and Flexibility. *Journal of General Management*, 12(3), 58-75.
- Dodgson, M. (1991a). *Strategies for Accumulating Technology in Small High Tech Firms: A Learning Approach and its Public Policy Implications*. Brighton: Science Policy Research Unit, University of Sussex.

- Dodgson, M. (1991b). Technology Learning, Technology Strategy and Competitive Pressures. *British Journal of Management*, 2, 133-149.
- Dosi, G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy*, 11, 147-162.
- Dosi, G. (1988a). Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, 26(Sep.).
- Dosi, G. (1988b). The Nature of the Innovative Process. En G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson & G. Silverberg, *Technical Change and Economic Theory* (Chapter 10). London: Pinter Publishers.
- Drongelen, I. C.-v. & Cook, A. (1997). Design principles for the development of measurement systems for research and development processes. *R&D Management*, 27(4), 345-357.
- Drucker, P. (1969). *The Age of Discontinuity - Guidelines to Our Changing Society*. New York: Harper and Row.
- Duncan, R. B. (1972). Characteristics of Perceived Environments and Perceived Environmental Uncertainty. *Administrative Science Quarterly*, 17, 313-327.
- Dutrénit, G. & Sutz, J. (2014). *National Systems of Innovation. Social Inclusion and Development. The Latin American Experience*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Eilat, H., Golany, B. & Shtub, A. (2006). Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interaction: A DEA based methodology. *European Journal of Operational Research*, 172, 1018-1039.
- Ernst, D., Ganiatsos, T. G. & Mytelka, L. K. (1998). *Technological capabilities and export success in Asia*. London: Routledge.
- Esser, K., Hillebrand, W. & Messner, D. (1996). Competitividad sistémica: Nuevo desafío a las empresas y a la política. *Revista de la Cepal* (59), 39-52.
- EUR-Lex (22 de Febrero de 2011). *Acuerdos de transferencia de tecnología - Reglamento (CE) n° 772/2004 de la Comisión (7 de abril)*. Recuperado el 14 de julio de 2016, de EU law and publications: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=URISERV%3A126108>
- European Industrial Research Association (1997). *Technology Roadmapping -Delivering Business Vision*. Paris: Eirma.
- Fajardo, P. & Robledo, J. (2012). Modelos conceptuales para la gestión de la innovación: Revisión y análisis de la literatura. *Memorias del III Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación, Cogestec 2012*. Medellín: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.
- Fang, Y., Chen, L. & Fukushima, M. (2008). A mixed R&D projects and securities portfolio selection model. *European Journal of Operational Research*, 185, 700-715.
- Faste, R., Roth, B. & Wilde, D. J. (1993). Integrating Creativity into the Mechanical Engineering Curriculum. En C. A. Fisher, *ASME Resource Guide to Innovation in Engineering Design*. New York: American Society of Mechanical Engineers.

- Fenn, J. & Linden, A. (5 de Julio de 2007). *Understanding Gartner's hype cycles*. Recuperado el 23 de julio de 2013, de Sitio web de Gartner: <http://www.gartner.com/DisplayDocument?id=509085>
- Fernández, A. (2001). El *Balanced Scorecard*: ayudando a implantar la estrategia. *Revista de Antiguos Alumnos del IESE*, 81, 31-42.
- Fisher, R. & Ury, W. L. (1981). *Getting to Yes: Negotiating Agreement Without Giving in*. Boston: Houghton Mifflin Co.
- Forrester, J. W. (1958). Industrial dynamics - a major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, 36(4), 37-66.
- Free Software Foundation (5 de mayo de 2016). *Licencias*. Recuperado el 28 de julio de 2016, de El Sistema Operativo GNU: <https://www.gnu.org/licenses/licenses.es.html>
- Freeman, C. (1974). *The Economics of Industrial Innovation*. Harmondsworth. England: Penguin Books Ltd.
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. London: Pinter Publishers.
- Freeman, C. (1989). *Cambio técnico y productividad. Finanzas y desarrollo*. Washington: Fondo Monetario Internacional.
- Freeman, C. (1991). *Catching up in World Growth and Trade*. SPRU/MERIT. IMF.
- Freeman, C. (1995). The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19, 5-24.
- Freeman, C. & Pérez, C. (1988). Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour. En G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson & G. Silverberg, *Technical Change and Economic Theory* (pp. 38-66). London: Francis Pinter.
- Freeman, C. & Soete, L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Fundación Neuronilla para la Creatividad y la Innovación (2011). *Desarrolla tu creatividad / técnicas de creatividad*. Recuperado el 27 de julio de 2013, de Sitio web de la Fundación Neuronilla: <http://www.neuronilla.com/desarrolla-tu-creatividad/tecnicas-de-creatividad>
- Gary, M. S., Kunk, M., Morecroft, J. D. & Rockart, S. F. (2008). System Dynamics and Strategy. *System Dynamics Review*, 24(4), 407-429.
- Geels, F. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6), 897-920.
- Georghiou, L., Metcalfe, J. S., Gibbons, M., Ray, T. & Evans, J. (1986). *Post-Innovation Performance: Technological Development and Competition*. London: MacMillan Press.
- Gersdri, N., Assakul, P. & Vatananan, R. S. (2010). An Activity Guideline for Technology Roadmapping Implementation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 22(2), 229-242.
- Ghasemzadeh, F. & Archer, N. P. (2000). Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems*, 29, 73-88.

- Glisson, C. (2015). The Role of Organizational Culture and Climate in Innovation and Effectiveness. *Management, Leadership & Governance*, 9(4), 245-250. doi:10.1080/23303131.2015.1087770
- Godet, M. (2007). *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica: Problemas y métodos* (2a ed.). San Sebastián, España: Prospektiker.
- Godet, M. & Durance, P. (2007). Prospectiva estratégica: problemas y métodos. *Cuadernos de Lipsor*, 20, París - San Sebastián: Laboratoire d'Investigation Prospective et Stratégique y Prospektiker / Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia.
- Goldscheider, R., Jarosz, J. & Mulhern, C. (2002). Use of the 25 per cent Rule in Valuing IP. *Les Nouvelles, Quarterly Journal of the Licensing Executives Society*, 123-133.
- Gordon, G. (1961). A General Purpose Systems Simulation Program. *Proceedings of EJCC* (pp. 87-104). Washington D.C.: MacMillan NY.
- Gouel, P. (2005). *Theories of Organization. Industrial and Operations Engineering, Course IOE 421 Work Organizations*. Michigan, USA.
- Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation. *California Management Review*, 114-135.
- Guan, J. & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23, 737-747.
- Guerrero, M. (2009). Tipología de los contratos de transferencia de tecnología. *La Propiedad Inmaterial* (13), 199-252.
- Hafeez, K., Zhang, Y. & Malak, N. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 76, 39-51.
- Handy, C. (1976). *Understanding organizations*. New York: Penguin.
- Hax, A. C. & Majluf, N. S. (1996). *The strategy concept and process: a pragmatic approach*. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall.
- Henriksen, A. D. & Traynor, A. J. (1999). A Practical R&D Project-Selection Scoring Tool. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 46(2), 158-170.
- Herrera, M. (2010). *Modelación de la difusión de la tecnología intrasectorial: el caso de las estaciones de servicio de GNV en el Valle de Aburrá*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín (Colombia).
- Herring, J. (1999). Key intelligence topics: a process to identify and define intelligence needs. *Competitive Intelligence Review*, 10(2), 4-14.
- Housel, T. & Bell, A. H. (2001). *Measuring and Managing Knowledge*. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Huang, H. (2009). Designing a knowledge-based system for strategic planning: A Balanced Scorecard Perspective. *Expert Systems with Applications*, 36, 209-218.
- Hull, F. (1988). Inventions from R&D: Organizational Designs for Efficient Research Performance. *Sociology*, 22(3), 393-415.
- Icontec. (10 de 12 de 2008a). Norma Técnica Colombiana NTC 5800: Gestión de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i. Bogotá: Icontec.

- Icontec. (10 de 12 de 2008b). Norma Técnica Colombiana NTC 5801: Gestión de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Requisitos del sistema de gestión de la I+D+i. Bogotá: Icontec.
- Imai, K. J. & Baba, Y. (1991). Systemic Innovation and Cross-Border Networks: Transcending Markets and Hierarchies to Create a New Techno-Economic System. En OECD, *Technology and Productivity: The Challenges for Economic Policy*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill Publishing Company.
- Institute of Design at Stanford (s.f.). Guía del Proceso Creativo - Mini guía: una introducción al Design Thinking + bootcamp bootleg. (F. González, Trad.)
- Instituto Colombiano Agropecuario (29 de junio de 1995). Resolución ICA 1893 - Por la cual se ordena la apertura del Registro Nacional de Variedades Vegetales Protegidas, se establece el procedimiento para la obtención del certificado de obtentor y se dictan otras disposiciones.
- Instituto Colombiano Agropecuario (7 de septiembre de 2015). Resolución ICA 3168 - Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas...
- Jaramillo, H., Lugones, G. & Salazar, M. (2000). *Manual de Bogotá: Normalización de indicadores de innovación tecnológica en América Latina y el Caribe*. Bogotá: OEA, RICYT, Colciencias, CYTED, OCYT.
- Jaworski, B. J. & Kohli, A. K. (1993). Market Orientation: Antecedents and Consequences. *Journal of Marketing*, 57, 53-70.
- Jensen, K. (5 de febrero de 2013). *Why Negotiators Still Aren't 'Getting to Yes'*. Recuperado el 23 de March de 2016, de Forbes / Leadership: <http://www.forbes.com/sites/keld-jensen/2013/02/05/why-negotiators-still-arent-getting-to-yes/#6a75cbd64535>
- Jewkes, J., Sawers, D. & Stillerman, R. (1958). *The Sources of Invention* (rev. edition, 1969 ed.). London: MacMillan.
- Kaplan, R. S. & Norton, D. P. (1992). The Balanced Scorecard: Measures that drive performance. *Harvard Business Review*, 66(1), 71-79.
- Kaplinisky, R. (2011). Schumacher meets Schumpeter: appropriate technology below the radar. *Research Policy*, 40(2), 193-203.
- Katz, J. (1987). *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries*. London: MacMillan.
- Kemmerer, J. E. & Lu, J. (2012). *Profitability and royalty rates across industries: Some preliminary evidence*. KPMG International.
- Khalil, T. M. (1998). *Management of Technology: Future directions and needs for the new century*. Report of the Workshop on Management of Technology and the Paradigm Shift in Education in Response to the Technology Revolution. Arlington (Virginia): National Science Foundation.

- Khan, A. M. & Manopichetwattana, V. (1989). Innovative and Noninnovative Small Firms: Types and Characteristics. *Management Science*, 35, 597-606.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Kim, N. & Srivastava, R. K. (1998). Managing Intraorganizational Diffusion of Technological Innovations. *Industrial Marketing Management*, 27, 229-246.
- Kim, W. C. & Mauborgne, R. (2005). *Blue Ocean Strategy*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Kline, S. J. & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. En R. Landau & N. Rosenberg, *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington DC: National Academy Press.
- Kolodny, H. F. (1980, Sep.). Matrix Organization Designs and New Product Success. *Research Management*, 29-33.
- Lättilä, L., Hilletoft, P. & Lin, B. (2010). Hybrid simulation models - When, Why, How? *Expert Systems with Applications*, 37, 7969-7975.
- Leadersphere. (2008). *Organizational Diagnostic Models: A Review & Synthesis*. Sacramento, CA: Leadersphere.
- Lefebvre, E. & Lefebvre, L. A. (1992). Firm Innovativeness and CEO Characteristics in Small Manufacturing Firms. *Journal of Engineering and Technology Management*, 9, 243-277.
- Lesourne, J. (1982). Conferencia. CNAM.
- Lesourne, J. (1994). *La notion d'enjeu stratégique*. Note au Comité de la prospective d'EDF.
- Lewin, K. (1939). Patterns of aggressive behavior in experimentally created "social climates". *Journal of Social Psychology*, 10, 271-299.
- Li, Y. & Sui, M. (2011). Literature analysis of innovation diffusion. *Technology and Investment*, 2, 155-162.
- Lieberman, M. & Montgomery, D. (1998). First-mover (dis)advantages: Retrospective and link with the resource-based view. *Strategic Management Journal*, 1111-1125.
- Lugones, G. (1997). El proceso de innovación tecnológica en América Latina. Criterios para la definición de indicadores. *Taller Internacional de Indicadores de Innovación*. Bogotá, D.C.: Colciencias, RICYT.
- Lundvall, B. Å. (1985). *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg: Aalborg University Press.
- Lundvall, B. Å. (1988). Innovation as Interactive Process: From User Producer Interaction to the National Systems of Innovation. En G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson & G. Silverberg, *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers.
- Maidique, M. A. & Zirger, B. J. (1985). The New Product Learning Cycle. *Research Policy*, 14, 299-313.
- McGavock, D. M., Haas, D. A. & Path, M. P. (1992). Factors Affecting Royalty Rates. Les Nouvelles, *Journal of the Licensing Executives*, 27(2), 107-116.

- Meade, N. & Islam, T. (2006). Modelling and forecasting the diffusion of innovation - A 25-year review. *International Journal of Forecasting*, 22, 519-545.
- Meadows, D. H., Randers, J. & Meadows, D. L. (2004). *Limits to Growth: The 30-Year Update*. White River Junction VT: Chelsea Green.
- Medina, C. & Espinosa, M. T. (1994). La innovación en las organizaciones modernas. *Gestión y Estrategia* (5), 54-63.
- Medina, J. & Ortégón, É. (2006). *Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL - Naciones Unidas.
- Miles, R. E. & Snow, C. C. (1978). *Organizational strategy, structure and process*. New York: McGraw-Hill.
- Mind Tools. (1996-2013). *Strategy Tools*. Recuperado el 25 de julio de 2013, de Sitio web de Mind Tools: http://www.mindtools.com/pages/main/newMN_STR.htm#core
- Mind Tools. (2013). *Critical Success Factors*. Recuperado el 22 de julio de 2013, de Sitio web de Mind Tools: http://www.mindtools.com/pages/article/newLDR_80.htm
- Mitchell, G. P. & Hamilton, W. F. (1988). Managing R&D as a Strategic Option. *Research-Technology Management*, 15-22.
- Moore, G. A. (1991). *Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customers*. New York: Harper Business Essentials.
- Mudambi, S. M. & Tallman, S. (2010). Make, Buy or Ally? Theoretical Perspectives on Knowledge Process Outsourcing through Alliances. *Journal of Management Studies*, 47(8), 1434-1456.
- Muller, M. L. (2004). Key intelligence needs. Roadmap of your competitive intelligence capability and activities. *South African Journal of Information Management*, 6(1), 1-6.
- Nadler, D. A. & Tushman, M. L. (1982). A model for diagnosing organizational behavior: Applying a congruence perspective. En D. A. Nadler, M. L. Tushman & N. G. Hatvany, *Managing Organizations: Readings and Cases* (pp. 35-48). Boston: Little, Brown and Company.
- Nadler, D. & Tushman, M. (1997). *Competing by design: The power of organizational architecture*. New York: Oxford University Press.
- Narula, R. (2001). In-House R&D, Outsourcing, or Alliances? Some Strategic and Economic Considerations. En F. J. Contractor (Ed.), *Valuation of intangible assets in global operations* (pp. 101-122). Westport, CT, USA: Quorum Books.
- NAW (16 de June de 2008). *What is Principled Negotiation?* Recuperado el 23 de March de 2016, de Negotiation at Work: <http://negotiation.atwork-network.com/2008/06/16/what-is-principled-negotiation/>
- Nelson, R. (1992). National Innovation Systems: A Retrospective on a Study. *Industrial and Corporate Change*, 1(2), 347-374.
- Nelson, R. (1993). *National Systems of Innovation: A comparative Study*. Oxford: Oxford University Press.

- Nystrom, H. E. (2000). Innovative Capability Audits of University Research Centers. Proceedings - 9th International Conference on Management of Technology. Miami: Iamot.
- OCDE (2002). *Manual de Frascati*. Edición en español de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología 2003. París: OCDE.
- OECD & Eurostat. (2005). *Oslo Manual: Proposed guidelines for collecting and interpreting innovation data* (3rd ed.). OECD Publishing.
- OECD. (1992). *Technology and the Economy: The Key Relationships*. Paris: OECD - The Technology / Economy Programme.
- OECD (1996). *Oslo Manual: Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data* (2nd ed.). Paris: OECD.
- OECD (2015). *Frascati Manual - Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*. Paris: OECD.
- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*. Paris, Luxembourg: OECD Publishing.
- OMPI (2016). *Principios básicos del derecho de autor y los derechos conexos* (2a ed.). Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.
- Open Source Initiative. (s.f.). *Licenses & Standards*. Recuperado el 28 de julio de 2016, de Open Source Initiative: <https://opensource.org/licenses>
- Osawa, Y. & Murakami, M. (2002). Development and application of a new methodology of evaluating industrial R&D projects. *R&D Management*, 21(1), 79-85.
- Páez Urdaneta, I. (1992). *Información para el progreso de la América Latina*. Caracas: Coediciones Universidad Simón Bolívar.
- Palop, F. & Vicente, J. M. (1999, feb.). Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva: su potencial para la empresa española. *Cotec, Estudios*, 15.
- Parkhe, A. (1993). Strategic alliance structuring: a game theoretic and transaction costs examination of interfirm cooperation. *Academy of Management Journal*, 794-829.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change. *Research Policy*, 13, 343-373.
- Pavitt, K. (1987). The objectives of technology policy. *Science and Public Policy*, 14(4), 182-188.
- Pavitt, K. (1991). What makes basic research economically useful? *Research Policy*, 20, 109-119.
- Pearson, G. (1990). *Strategic Thinking*. Prentice Hall.
- Pérez, A. L. (2011). *Crecimiento de firmas de ingreso tardío a mercados de software estandarizado: un enfoque desde la modelación de la difusión competitiva multigeneracional, con efectos de red*. Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín (Colombia).
- Pérez, A. L. & Robledo, J. (2012). Crecimiento de firmas entrantes tardías en la industria de software: un modelo desde la difusión multigeneracional de productos con efectos de red. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia* (65), 60-73.

- Pettigrew, A. (1979). On studying organizational cultures. *Administrative Science Quarterly*, 6, 395-420.
- Phaal, R., Farrukh, C. J. & Probert, D. R. (2004). Technology Roadmapping - A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting & Social Change*, 71, 5-26.
- Pitt, J. C. (2000). *Thinking about technology - Foundations of the Philosophy of Technology*. New York: Seven Bridges Press.
- Popper, K. (1963). *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. London: Routledge.
- Porter, L. W., Lawler, I. E. & Hackman, J. R. (1981). *Behavior in Organizations*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Porter, M. (1979). How competitive forces shape strategy. *Harvard Business Review*.
- Prahalad, C. K. & Ramaswamy, V. (2000, Jan.-Feb.). Co-Opting Customer Experience. *Harvard Business Review*, 79-87.
- Prahalad, C. K. & Ramaswamy, V. (2004). *The Future of Competition*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Product Life Cycle Stages (2013). *Product Life Cycle Stages*. Recuperado el 24 de julio de 2013, de <http://productlifecyclestages.com/>
- Pugh, D. S., Hickson, D. J., Hinings, C. R. & Turner, C. (1968). Dimensions of Organization Structure. *Administrative Science Quarterly*, 13, 65-105.
- Razgaitis, R. (2007). Pricing the Intellectual Property of Early-Stage Technologies: A Primer of Basic Valuation Tools and Considerations. En A. Krattiger, R. T. Mahoney, L. Nelsen, J. A. Thomson, A. B. Bennett, K. Satyanarayana... S. P. Kowalski (Edits.), *Intellectual Property Management in Health and Agricultural Innovation: A Handbook of Best Practices* (pp. 813-860). Oxford, UK: MIHR.
- Renard, L. & St-Amant, G. E. (2003). Capacité, capacité organisationnelle et capacité dynamique: une proposition de définitions. *Les Cahiers du Management Technologique*, 13(1), 1-26.
- Reuer, J. J. & Ariño, A. (2007). Strategic Alliance Contracts: Dimensions and Determinants of Contractual Complexity. *Strategic Management Journal* (28), 313-330.
- Robertson, T. S. & Wind, Y. (1980). Organizational Psychographics and Innovativeness. *Journal of Consumer Research*, 7, 24-31.
- Robledo, J. (1998). Indicadores de ciencia y tecnología para América Latina. *Comercio Exterior*, 48(7), 538-546.
- Robledo, J. & Ceballos, Y. F. (2008, enero-febrero). Estudio de un proceso de innovación utilizando la dinámica de sistemas. *Revista Cuadernos de Administración*, 21(35), 127-159.
- Robledo, J. & Cuartas, D. J. (2000). Indicadores de innovación para los países latinoamericanos: entre la normalización y la experimentación. *Revista de Economía y Empresa*, 14(38), 15-30.

- Robledo, J. & Pérez, J. D. (2011). Modelo conceptual y aplicativo informático para la evaluación de capacidades de innovación tecnológica en Pymes del sector eléctrico colombiano. *Memorias del XIV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica*. Lima (Perú).
- Robledo, J. & Rendón, S. M. (2014). De las ideas al portafolio de proyectos de innovación: desarrollo e implementación de procesos organizacionales en Heller Int. S.A. *IV Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación*. Cartagena (Colombia): Coges-tec.
- Robledo, J. & Zapata, C. M. (2013). Propuesta de modelo de evaluación de la gestión de la innovación empresarial y aplicación experimental en una pyme colombiana. *XV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica*. Porto (Portugal): Instituto Superior Técnico.
- Robledo, J., Aguilar, J. J. & Pérez, J. D. (2011). Methodological Tool for Measurement and Assessment of Technological Innovation Capabilities. *Proceedings of PICMET '11: Technology Management in the Energy-Smart World* (pp. 1356-1363). Portland: Picmet.
- Robledo, J., López, C., Zapata, W. & Pérez, J. D. (2010). Desarrollo de una metodología de evaluación de capacidades de innovación. *Perfil de Coyuntura Económica* (15), 133-148.
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of Innovations* (3rd ed.). New York: The Free Press.
- Rolando de Serra, A., Ulla, L. A. & Roca, A. (Edits.) (2010). *Indicadores de Responsabilidad Social Empresarial IARSE-ETHOS - Guía de Autoaplicación. Versión 2.0*. Córdoba, Argentina: Programa Latinoamericano de RSE / Instituto Argentino de Responsabilidad Social Empresaria - IARSE.
- Ross, P. F. (1974). Innovation Adoption by Organizations. *Personnel Psychology*, 27, 21-47.
- Rothwell, R. (1983a). Innovation and Firm Size: A Case of Dynamic Complementarity. *Journal of General Management*, 8(3).
- Rothwell, R. (1983b). The Role of Small Firms in the Emergency of New Technology. *Omega*, 12(1).
- Rothwell, R. (1992). Successful Industrial Innovation: Critical Factors for the 1990s. *R&D Management*, 22(3).
- Rothwell, R. & Dodgson, M. (1991). External Linkages and Innovation in Small and Medium-Sized Enterprises. *R&D Management*, 21(2), 125-137.
- Rothwell, R. & Robertson, A. B. (1973). The Role of Communications in Technological Innovation. *Research Policy*, 2, 204-225.
- Ruiz, W., Quintero, S. & Robledo, J. (2016). Impacto de los Intermediarios en los Sistemas de Innovación. *Journal of Technology Management and Innovation*, 11(2), 130-138.
- Sapolsky, H. M. (1967). Organizational Structure and Innovation. *Journal of Business*, 40(4), 497-510.
- Schot, J. & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47, 1554-1567.
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York (NY): McGraw Hill.

- Senker, P. & Faulkner, W. (1993). Networks, Tacit Knowledge and Innovation. *Second ASEAT Conference, Technological Collaboration: Networks, Institutions and States*. Manchester.
- Sher, P. & Yang, P. (2005). The effects of innovative capabilities and R&D clustering on firm performance: the evidence of Taiwan's semiconductor industry. *Technovation*, 25, 33-43.
- Simon, H. A. (1957). *Models of Man: Social and Rational - Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting*. New York: Wiley.
- Smith, R. & Sharif, N. (2007). Understanding and acquiring technology assets for global competition. *Technovation*, 643-649.
- Sociedad Nacional de Industrias (2006). *Patentes vs Secretos Industriales*. Recuperado el 25 de Julio de 2010, de Sitio web de la Sociedad Nacional de Industrias del Perú: <http://www.sni.org.pe/servicios/legal/reportelegal/content/view/156/30/>
- Soete, L. (2013). From emerging to submerging economies: new policy challenges for research. *Science, Technology & Innovation Policy Review*, 4(1), 1-13.
- Steffen, W., Richardson, K. & Rockström, J. (2015). Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 736-746.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Irwin: McGraw-Hill.
- Sterman, J. D. (2002). All models are wrong: Reflections on becoming a systems scientist. *System Dynamics Review*, 18, 501-531.
- Strategic Competitive Intelligence Society (2013). *Competitive Intelligence Frequently Asked Questions*. Recuperado el 28 de julio de 2013, de Sitio web de la SCIP: <http://www.scip.org/resources/content.cfm?itemnumber=601&navItemNumber=533>
- Teece, D. J. & Pisano, G. (1994). The Dynamic Capability of Firms: An Introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3(3), 537-555.
- Teece, D. J., Pisano, G. & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Tiler, C. & Gibbons, M. (1990). The Teaching Company Scheme as a Mechanism for Enhancing the Knowledge Base of Firms. *Workshop on Processes of Knowledge Accumulation and the Formulation of Technology Strategy*. Kalunborg (Denmark).
- Unctad (2008). *Orientaciones sobre los indicadores de responsabilidad de las empresas en los informes anuales*. Nueva York y Ginebra: Naciones Unidas.
- Unesco (1984). *Manual for Statistics on Scientific and Technological Activities - Document ST-84/WS/12*. Paris: Unesco - Division of Statistics on Science and Technology, Office of Statistics.
- University of Sussex - Colciencias (2018). *Orientaciones para la formulación de políticas regionales de innovación transformativa en Colombia*. Bogotá.
- USA. National Research Council (1987). *Management of Technology: The Hidden Competitive Advantage*. Washington: National Academy Press.

- Van Dooren, W., Bouckaert, G. & Halligan, J. (2010). *Performance Management in the Public Sector*. London: Routledge.
- Vega, A. (2010). *Manual de derecho de autor*. Bogotá: Dirección Nacional de Derecho de Autor.
- Vega, J., Gutiérrez, A. & Fernández, I. (2009). La relación entre las estrategias de innovación: coexistencia o complementariedad. *Journal of Technology Management and Innovation*, 4(3), 74-88.
- Voss, C. (1992). Successful innovation and implementation of new processes. *Business Strategy Review*, 29-44.
- Walton, R. E. & Dutton, J. M. (1969). The Management of Interdepartmental Conflict: A Model and Review. *Administrative Science Quarterly*, 14, 73-84.
- Wang, C., Lu, I. & Chen, C. (2009). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28, 349-363.
- Wang, J. & Hwang, W. (2007). A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real options valuation model. *Omega*, 35, 247-257.
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5, 171-180.
- Whelan, R. (1979). How to prioritize R&D. Proceedings, *BAM Conference*. Cardiff.
- Wiig, K. (1993). *Knowledge Management Foundations*. Arlington, TX: Schema Press.
- Winter, S. G. (2000). The satisficing principle in capability learning. *Strategic Management Journal*, 21, 981-996.
- Wipo & International Trade Center (2010). *Exchanging value: Negotiating Technology Licensing Agreements, a Training Manual*. Wipo publication N° 906E.
- Yam, R., Guan, J., Pun, K. & Tang, E. (2004). An Audit of Technological Innovation Capabilities in Chinese Firms: Some Empirical Findings in Beijing, China. *Research Policy*, 33(8), 1123-1140.
- Zaltman, G., Duncan, R. B. & Holbek, J. (1973). *Innovations and Organizations*. New York: Wiley.

SOBRE EL AUTOR

Jorge Robledo Velásquez

Ingeniero Mecánico de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, con maestría en Sistemas de Generación de Energía Eléctrica de la Universidad del Valle y doctorado en Estudios de Política y Gestión de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Sussex (Inglaterra).

Es profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, donde dicta asignaturas relacionadas con la Gestión de la Innovación y la Tecnología. Desempeñó el cargo de vicedecano de Investigación y Extensión de la Facultad de Minas en el periodo 2006-2010.

Ha estado vinculado varias veces a Colciencias, donde desempeñó los cargos de subdirector general de Innovación y Desarrollo Empresarial, coordinador del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad, jefe de la División de Planeación Estratégica de Ciencia y Tecnología y jefe del Departamento de Ingeniería e Industria. Además, fue coordinador técnico de la Primera Reunión Hemisférica de Ministros Responsables de Ciencia y Tecnología realizada en Cartagena de Indias en 1996, cuya secretaría técnica fue desempeñada por Colciencias.

Antes de vincularse a la Universidad Nacional de Colombia, desempeñó cargos académicos y administrativos en la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, donde fue cofundador y director de la maestría en Gestión Tecnológica y del Grupo de Política y Gestión Tecnológica.

Desde 1991 ha sido socio activo de Altec, la Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica, de la cual fue miembro de la Junta Directiva por el periodo 2007-2009 como director de Altec Colombia. Ha

sido miembro del Comité Científico de los Seminarios de Altec desde hace cuatro lustros. En Colombia, ha sido asesor de Colciencias en temas de política de Ciencia, Tecnología e Innovación y miembro del comité científico del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. A nivel departamental, fue miembro de la Unidad de Planeación Estratégica y Prospectiva de Ciencia y Tecnología del Planea de Antioquia.

Es investigador activo en temas de política y gestión de ciencia, tecnología e innovación, campo en el que ha publicado múltiples artículos, ponencias y capítulos de libros. Como investigador, ha pertenecido a varias redes nacionales e internacionales de investigación y se desempeña como evaluador inscrito en el Registro Nacional de Pares Evaluadores de Colombia (categoría investigador senior).

*Introducción a la gestión de la tecnología
y la innovación empresarial*

editado por el Centro Editorial de la
Facultad de Minas de la
Universidad Nacional de Colombia,
Sede Medellín.

El texto fue compuesto en caracteres
Garamond de 12,5 y 17 puntos.

El libro *"Introducción a la gestión de la tecnología y la innovación empresarial"* busca contribuir a la comprensión de los complejos fenómenos que unen la tecnología y la innovación al crecimiento económico, el bienestar social, el desarrollo humano y la sostenibilidad ambiental, desde la perspectiva de la gestión organizacional. El texto está dividido en diez capítulos, cada uno de los cuales desarrolla un tema central de una manera introductoria, buscando establecer los fundamentos conceptuales y teóricos que otorguen al lector una comprensión básica de los problemas y propuestas de la Gestión de la Tecnología y la Innovación. Está dirigido principalmente a dos tipos de público: a los estudiantes universitarios, a quienes se ofrece como texto guía o de referencia en la materia, y a aquellos interesados en la Gestión de la Tecnología y la Innovación por motivo de sus responsabilidades y perspectivas en el medio empresarial, gubernamental y social.

JORGE ROBLEDO VELÁSQUEZ

Ingeniero Mecánico de la Facultad de Minas, con un doctorado en Estudios de Política Científica y Tecnológica de SPRU, Universidad de Sussex (Inglaterra) y una maestría en Sistemas de Generación de Energía Eléctrica de la Universidad del Valle. Es profesor titular de la Facultad de Minas, donde fue vicedecano de Investigación y Extensión en el período 2006-10. Antes de vincularse a la Universidad Nacional de Colombia, ocupó cargos directivos en Colciencias y fue profesor titular de la Universidad Pontificia Bolivariana. Fue también ingeniero de diseño de Sedic Ltda. – Ingenieros Consultores. Desde 1991 ha sido socio activo de ALTEC, la Asociación Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica, de la cual fue miembro de la Junta Directiva por el período 2007-2009 como director de ALTEC Colombia. Ha sido miembro de comités científicos de eventos internacionales y de consejos científicos y asesores de programas e instituciones colombianas. Es investigador senior de Colciencias.

