



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Contaduría y Administración
Especialidad en Doctorado en Gestión Tecnológica e Innovación

Digitalización cómo nuevo patrón tecnológico dominante: Implicaciones en la
innovación universitaria en México

Opción de titulación

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Doctorado en Gestión Tecnológica e Innovación

Presenta:

M.A. María del Pilar Escott Mota

Dirigido por:

Directo: Dr. Luis Rodrigo Valencia Pérez

Co-Director: Dr. Rafael Palacios Bustamante

Dr. Luis Rodrigo Valencia Pérez
Presidente

Dr. Juan José Méndez Palacios
Secretario

Dr. Martín Vivanco Vargas
Vocal

Dr. León Martín Cabello Cervantes
Suplente

Dra. Lilia Angélica Salcedo Mendoza
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.
Noviembre 2020
México

RESUMEN

La presente investigación pretende ampliar los conocimientos teóricos-prácticos y metodológicos sobre el análisis del cambio tecnológico y su relación con la gestión de innovación. Los hallazgos logrados buscan contribuir en los estudios del campo de la innovación, dado que uno de sus desafíos actuales es analizar la complejidad de los cambios tecnológicos y su comprensión para el desarrollo de la capacidad innovativa de los países. En sintonía con estos desafíos, es que aquí se plantean formas distintas de abordar tal complejidad analizando la digitalización. Con base a ello, el objetivo general de la investigación es; identificar en el contexto de la complejidad de los cambios tecnológicos nuevos componentes teóricos y prácticos de la digitalización como patrón tecnológico dominante y su vinculación con la gestión de innovación universitaria en México. El análisis desarrollado se estructura de la siguiente manera: Primero, se presenta un marco conceptual y un marco referencial de contexto sobre los elementos estratégicos, organizativos y operativos de la innovación y su relación con la digitalización. Segundo, se desarrolla un análisis teórico que describe la digitalización como patrón tecnológico dominante y como expresión del cambio tecnológico actual, planteándose aquí modelos representativos del Sistema Nacional de Innovación (SNI), con los que son posible observar el carácter dominante de este patrón tecnológico en contextos geográficos diferentes. El análisis teórico permitió la caracterización y operacionalización de los “componentes integrados” que se constituyen en variables de tipo cualitativas. Estas unidas a los modelos representativos del SNI hizo factible describir la complejidad en que se desenvuelve la digitalización. Tercero, siendo la complejidad el elemento característico del fenómeno de estudio, se operacionalizan los “componentes integrados” a través del QCA (Qualitative Comparative Analysis); allí se valida el carácter complejo y dominante de la digitalización en el contexto de la gestión de innovación universitaria en México. Al final, se presentan un conjunto de conclusiones que resaltan hallazgos, evidencias teóricas y empíricas logrados en la presente investigación.

Palabras claves: Complejidad, Digitalización, Gestión de Innovación, Patrón tecnológico dominante y Sistema Nacional de Innovación.

SUMMARY

This research aims to expand the theoretical-practical and methodological knowledge on the analysis of technological change and its relationship with innovation management. The findings achieved seek to contribute to studies in the field of innovation, given that one of its current challenges is to analyze the complexity of technological changes and their understanding for the development of countries' innovative capacity. In tune with these challenges, it is that here different ways of approaching such complexity are proposed by analyzing digitization. Based on this, the general objective of the research is: Identify, in the context of the complexity of technological changes, new theoretical and practical components of digitization as a dominant technological pattern and its link with university innovation management in Mexico. The analysis developed is structured as follows: First, a conceptual framework and a context reference framework are presented on the strategic, organizational and operational elements of innovation and its relationship with digitization. Second, a theoretical analysis is developed that describes digitization as a dominant technological pattern and as an expression of current technological change, proposing here representative models of the National Innovation System (NIS), with which it is possible to observe the dominant character of this technological pattern in different geographical contexts. The theoretical analysis allowed the characterization and operationalization of the "integrated components" that constitute qualitative variables. These together with the representative models of the NIS made it possible to describe the complexity in which digitization unfolds. Third, complexity being the characteristic element of the study phenomenon, the "integrated components" are operationalized through the QCA (Qualitative Comparative Analysis); There the complex and dominant character of digitization is validated in the context of university innovation management in Mexico. At the end, a set of conclusions are presented that highlight findings, theoretical and empirical evidence achieved in this research.

Keywords: Complexity, Digitization, Innovation Management, Dominant technological pattern and National Innovation System.

DEDICATORIAS

A mi familia:
por darme todo sin esperar nada a cambio
por su amor incondicional
por enseñarme a disfrutar de la vida
por ser un ejemplo de disciplina, convicción y tenacidad
A ti, mi compañero de toda la vida

Dirección General de Bibliotecas UAG

AGRADECIMIENTOS

Expreso un profundo agradecimiento a cada una de las personas e instituciones que hicieron posible la presente investigación al brindarme apoyo científico, tecnológico y humano. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme a través de una beca la oportunidad de dedicarme de tiempo completo a una estancia Doctoral. A mi Alma Mater la Universidad Autónoma de Querétaro a través la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Contaduría y Administración por concederme un espacio de aprendizaje, conocimiento e investigación para crear y descubrir mi pasión por la investigación.

Al Dr. J. José Méndez Palacios Coordinador del Doctorado en Gestión Tecnológica e Innovación pieza clave de apoyo y orientación a lo largo del Doctorado. A mi Director de Tesis el Dr. Luis Rodrigo Valencia Pérez quien me guio en un entorno de confianza, afecto y amistad. A mi Co-Director el Dr. Rafael Palacios Bustamante que me brindó su capacidad y experiencia científica, apoyo, dedicación y guía para introducirme al fascinante mundo de la investigación desde sus diferentes aristas sin perder de vista el rigor científico y la humildad, componentes esenciales para la concreción de esta investigación. Al Dr. Julio Alcantar catedrático e investigador por su brillante enseñanza entorno al rigor teórico y metodológico. Al M.P.E. Emmanuel Paz Reséndiz quien fue pieza clave para la modelación de ecuaciones matemáticas presentadas en este trabajo.

Extiendo mi agradecimiento también a los sinodales que fungieron como revisores y jurado en el examen de grado, así como a docentes y administrativos que contribuyeron de alguna manera especial en esta investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ABREVIATURAS	xi
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN: UN ACERCAMIENTO AL TEMA DE INVESTIGACIÓN	1
<i>1.1 Introducción.....</i>	<i>1</i>
<i>1.2 Antecedentes de la investigación</i>	<i>7</i>
<i>1.3 Problema de investigación.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4 Objetivos de investigación</i>	<i>15</i>
<i>1.5 Metodología de investigación</i>	<i>16</i>
<i>1.6 Estructura de la investigación.....</i>	<i>17</i>
CAPÍTULO 2 MARCO CONCEPTUAL Y MARCO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN	19
<i>2.1 Base Conceptual</i>	<i>19</i>
<i>2.2 Marco referencial</i>	<i>32</i>
<i>2.2.1 Orígenes de la digitalización.....</i>	<i>32</i>
<i>2.2.2 Hacia una construcción teórica y práctica de la digitalización como patrón tecnológico dominante</i>	<i>36</i>
Una aproximación de los elementos prácticos	43
<i>2.2.3 COVID-19 y el carácter dominante global de la digitalización</i>	<i>51</i>
<i>2.2.4 La universidad como entidad de innovación: Hacia una valoración teórica de su relación con la dinámica de la digitalización</i>	<i>58</i>
<i>2.2.5 Dinámica de la digitalización en México: Una aproximación contextual del entorno de la innovación</i>	<i>66</i>
El contexto latinoamericano.....	66
Problemas y desafío de la transformación digital en la universidad latinoamericana	73
Desde las Agendas Digitales hasta la institucionalización de las políticas públicas en digitalización	79

COVID-19: El nuevo escenario de la digitalización en la universidad latinoamericana.....	84
México respecto al mundo	89
Digitalización y dinámica de los actores de innovación en México.....	99
La universidad en México: Algunas referencias	102

CAPÍTULO 3 MARCO TEÓRICO..... 107

3.1 Hacia una nueva teorización del cambio tecnológico	107
3.1.1 Innovación y cambio tecnológico desde la visión schumpeterana	107
3.1.2 El enfoque evolutivo de la innovación	110
3.2 Componentes Integrados del Cambio Tecnológico: Nuevas herramientas conceptuales y teóricas para medir patrones tecnológicos	125
3.2.1 Enfoque metodológico MAGG: Hacia una sistematización y clasificación de las perspectivas teóricas sobre el cambio tecnológico	125
3.2.2 Contratación teórica: Identificación de variables expresadas en componentes integrados del cambio tecnológico	134
3.3 El Sistema Nacional de Innovación (SNI).....	139
3.3.1 Enfoque cualitativo del SNI: Su conexión con el cambio tecnológico.....	139
3.3.2 El funcionamiento del SNI y su relación con el cambio tecnológico: Relevancia y premisas	149
3.3.3 Función y restricciones del SNI: Los efectos del patrón tecnológico dominante	154

CAPÍTULO 4 DINÁMICA DE LA DIGITALIZACIÓN COMO PATRÓN TECNOLÓGICO DOMINANTES EN LAS UNIVERSIDADES MEXICANAS (PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE CASOS)..... 170

4.1 Diseño Metodológico, presentación de estudios de caso y análisis de resultados.....	170
4.1.1 Análisis cualitativo y comparativo: El método Qualitative Comparative Analysis (QCA) ..	170
4.1.2 Descripción y explicación sistematizada del Qualitative Comparative Analysis (QCA)	177
Fase I: Selección de los casos y descripción	178
Fase II: Momento analítico	180
Fase III: Interpretación de resultados	181
4.2.3 Aplicación de las fases del “Qualitative Comparative Analysis” (QCA)	182
Fase I: Elección y descripción de los casos de estudio: Primera aproximación al estado de arte de innovación de las universidades mexicanas.....	182
Fase II: Análisis de los datos: operacionalización de los componentes integrados del cambio tecnológico en el contexto de la gestión de innovación de las universidades mexicanas	197
Fase III: interpretación de los datos: la gestión de innovación universitaria en México frente a la dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante	200

CONCLUSIONES 224

REFERENCIAS 252

ANEXOS..... 287

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1.1. Enfoques metodológicos de la investigación	17
2.1 Revoluciones Industriales	33
2.2 Los pilares de la industria 4.0	42
2.3 Herramientas para medir la economía digital	49
2.4 Herramientas para medir la economía digital DESI	50
2.5 Índices de Resiliencia Digital ante el COVID-19	52
2.6 Índices de Resiliencia Digital de Producción pronosticado ante el COVID-19	54
2.7 Tendencias digitales educativas	59
2.8 Blomberg Innovation Index	62
2.9 Intensidad de I + D en países seleccionados de la OCDE y China 2007-2017 como porcentajes	62
2.10 Promedio de Índice CAF de desarrollo del Ecosistema Digital por grupo de países (2015)	71
2.11 Objetivos Educativos de la Agenda Digital para América Latina y el Caribe 2020	80
2.12 Estructura general de competitividad digital de México 2019	91
2.13 Fortalezas y debilidades de México respecto a la competitividad digital 2017-2019	94
2.14 Estado de instrumentos políticos de México para estimular empresas emergentes (2012)	96
2.15 Análisis FODA del Ecosistema Digital de México	96
2.16 Etapa de las agendas en países Latinoamericanos y del Caribe en el 2016	98
2.17 Algunos programas mexicanos en apoyo al cambio tecnológico educativo	103
2.18 UNAM: Cómputo, Internet y Red Digital 2015 y 2017	105
2.19 Estrategias de Innovación UNAM	107
3.1 Ciclo ondas largas. Periodo de instalación y despliegue de cada oleada de desarrollo	115
3.2 Aplicación de la metodología Marquina, Alvarez, Guevara y Guevara (2013)	126
3.3 Dinámica del Cambio Tecnológico	127
3.4 Dinámica del Cambio Tecnológico	135
3.5 Definición de Variables (Componentes Integrados del Cambio Tecnológico)	138
3.6 Dimensión Evolutiva: Cíclico e Institucional	149
3.7 Funciones y Limitantes del Sistema Nacional de Innovación en América Latina	157
4.1 Descripción de los Casos de Estudio	185
4.2 Componentes Integrados del Cambio Tecnológico	189
4.3 Definición de Variables (Componentes Integrados del Cambio Tecnológico)	191

4.4	Componentes a ser operacionalizados	193
4.5	Variables de análisis	196
4.6	Tabla de la verdad	199
4.7	Solución compleja de la digitalización cómo patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México	203
4.8	Configuraciones que conducen a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades Públicas de México	207
4.9	Primera configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México	208
4.10	Primera configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México	210
4.11	Segunda configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México	213
4.12	Configuraciones individuales relevante asociadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México	217
4.13	Componentes integrados del cambio tecnológico más relevantes	222
5.1	Configuraciones que conducen a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades Públicas de México	248

Dirección General de Bibliotecas UAO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
2.1 Operacionalización de conceptos	20
2.2 Gran divergencia de la globalización 1.0	39
2.3 Índice de ditalización mundial	46
2.4 Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital (2015)	48
2.5 Comportamiento de los índices de resiliencia digital en México y América Latina	54
2.6 Premisas aproximativas sobre la digitalización como patrón tecnológico dominante	56
2.7 Innovaciones relacionadas con el COVID-19 después de la actividad de innovación en el pasado en %	58
2.8 Importancia de la digitalización y el estado de digitalización en universidades alemanas	61
2.9 Penetración de las TIC en América Latina 2000 – 2012 % de población	66
2.10 Divergencia de penetración de las TIC América Latina y Países de la OCDE	67
2.11 Digitalización por regiones	68
2.12 Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital (2015)	69
2.13 Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital (2015)	69
2.14 Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital de América Latina y el Caribe (2015)	71
2.15 Plan de estrategias para el crecimiento del Ecosistema Digital	73
2.16 Modelo de madurez de las universidades de AL en Blended Learning	75
2.17 Tendencia de matrículas en Educación Superior global por el uso de las TICS	78
2.18 Grado en que los países LAC se involucran en la política educativa digital por unidades y organismo	82
2.19 Niveles de formalización de la política pública en digitalización	83
2.20 Relación entre diseñar e implementar la política digital educativa universitaria en los países LAC	84
2.21 América Latina y el Caribe (29 países): Estrategias de continuidad de estudios en modalidades a distancia	85
2.22 América Latina (10 países) y promedio de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE): Estudiantes que tienen acceso a equipamiento digital en el hogar, 2018	86
2.23 Ranking de Competitividad Digital IMD (2019)	90
2.24 Ranking de Competitividad Digital IMD 2015-2019	93
2.25 Plan de estrategias para el crecimiento del Ecosistema Digital	98
3.1 Ciclo de Negocios de Schumpeter	109
3.2 Fases de comportamiento de las revoluciones tecnológicas	118
3.3 Premisas aproximativas sobre la digitalización como patrón tecnológico dominante	124

3.4	Sistema Nacional de Innovación	145
3.5	Comportamiento del SNI	158
3.6	Patrón Tecnológico y SNI (Pocas Restricciones)	159
3.7	Patrón Tecnológico y SNI (Muchas Restricciones)	160
3.8	Alto Rendimiento del SNI (Pocas restricciones)	162
3.9	Bajo Rendimiento del SNI (Muchas restricciones)	162
3.10	Proceso de Retroalimentación del Sistema	167
3.11	Retroalimentación Negativa con SNI de Muchas Restricciones	169
4.1	Condiciones suficientes	172
4.2	Condiciones necesarias	173
4.3	Proceso de Implementación del QCA	178
4.4	Fase I del QCA: Selección de los casos y descripción	183
4.5	Fase II del QCA: Análisis de datos	197
4.6	Fase III del QCA: Interpretación de los Datos	201
4.7	Diagramas de caja de los componentes integrados del cambio tecnológico relevante asociadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México	219
4.8	Histogramas de los componentes integrados del cambio tecnológico relevante asociadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México	221
5.1	Ámbito Global y ámbito local de la investigación	225
5.2	Fases de comportamiento de las revoluciones tecnológicas	230
5.3	Digitalización como patrón tecnológico dominante	231
5.4	Rendimiento del SNI en países industrializados	236
5.5	Rendimiento del SNI en países en vías de desarrollo	236
5.6	Retroalimentación Negativa con SNI de Muchas Restricciones	240
5.7	Rendimiento del SIN y Nivel de alcance de la digitalización	241
5.8	Diagrama de rendimiento del SIN y nivel de alcance en la digitalización	242

ABREVIATURAS

AMTI	Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información
ANUIES	Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior
BCG	Boston Consulting Group
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CID	Coordinación de Innovación y Desarrollo
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CovS	Raw Coverage
CovU	Unique Coverage
CU	Centros Universitarios
CUAED	Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia
CUDI	Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet
ED	Ecosistema Digital
EDN	Estrategia Digital Nacional
EFI	Comisión de Expertos para la Investigación e Innovación
eLAC	Agenda Digital para América Latina y el Caribe
fsQCA	Análisis Cualitativo Comparativo mediante categorías difusas
G7	Grupo de los Siete
G20	Grupo de los Veinte
I+D	Investigación y Desarrollo
IDED	Índice de desarrollo del Ecosistema Digital
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones

ILCE	Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa
IMD	Instituto Internacional para el Desarrollo de la Gestión Centro de Competitividad Mundial
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones
InclS	Sufficiency Inclusion Score
IndustriALL	Industriall Global Union
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INUS	Partes insuficientes pero necesarias de una configuración que es suficiente pero no necesaria
IoT	Internet de las cosas
IPv6	Protocolo de internet versión 6
IXP	Intercambio de Internet
LAC	América Latina y el Caribe
MOOC	Massive online open courses
MAGG	Enfoque metodológico Marquina, Alvarez, Guevara y Guevara
MI	Manufacturing Institute
NAM	Asociación Nacional de Fabricantes
NDS	National Digital Strategy
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMIES	Observatorio Mexicano de Innovación en Educación Superior
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OTQ	Office of Technology Assessment
PCTI	Política de Ciencia, Tecnología e Innovación

PIB	Producto Interno Bruto
PISA	Programme for International Student Assessment
PRI	Proportional Reduction in Inconsistency
PROFOPI	Programa para el Fomento al Patentamiento y la Innovación
QCA	Análisis Cualitativo Comparativo/ Qualitative Comparative Analysis
R	Project for Statistical Computing
RI	Inteligencia Remota
RIU	Red Inalámbrica Universitaria
RMCD	Ranking Mundial de Competitividad Digital
RT	Revolución Tecnológica
SEP	Secretaría de Educación Pública
SI	Sistema de Innovación
SNI	Sistema Nacional de Innovación
SNI	Sistema Nacional de Investigadores
SUIN	Parte suficiente pero innecesaria de una configuración que es insuficiente pero necesaria
TIC, TICS	Tecnologías de Información y Comunicación
TSU	Técnico Superior Universitario
UAQ	Universidad Autónoma de Querétaro
UdeG	Universidad de Guadalajara
UID	Identificados Únicos
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNCTAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo

EE. UU	Estados Unidos
UTEQ	Universidad Tecnológica de Querétaro
WDCR	World Digital Competitiveness Ranking
3D	Tercera Dimensión
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Dirección General de Bibliotecas UAQ

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN: UN ACERCAMIENTO AL TEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

La dinámica actual que desarrolla el capitalismo está caracterizada por una alta complejidad de elementos sociales, políticos, culturales, económicos y tecnológicos. La innovación se ha convertido aquí en el imperativo de los cambios y las transformaciones que la sociedad a escala global está desarrollando. La adaptación a estos procesos requiere primeramente de una mayor comprensión de los componentes que presionan para que ocurran tales cambios y transformaciones.

El capitalismo moderno basado en la innovación, posee un elemento característico, la incertidumbre. Buena parte de esta incertidumbre se refiere a que no se conoce lo suficientemente la complejidad y dinámica de los cambios tecnológicos que se están desarrollando y que producen de forma más acelerada ciclos cortos económicos y tecnológicos. El desafío para toda la sociedad y muy particularmente para los actores de innovación es la comprensión de la complejidad que significan los cambios tecnológicos actuales.

El conjunto de incertidumbres que han generado los cambios tecnológicos actuales se ha acelerado recientemente. La aparición de la pandemia COVID-19 ha sido un factor que ha cambiado radicalmente la forma de desarrollar la comunicación social, la política y también la forma de generar valor económico. Sin embargo, se debe resaltar que el COVID 19 no ha sido el elemento que ha generado dichos cambios, esto lo ha producido la digitalización, a

través de su fuerza natural caracterizada por una recombinación de tecnologías dispuestas a la sociedad.

La digitalización, por lo tanto, se ha posicionado con mayor fuerza, en el elemento dinamizados del capitalismo moderno ofreciendo nuevas formas para generación de valor. El desafío para las sociedades a escala global es cómo lograr una adaptación a los cambios tecnológicos generados por la digitalización.

La presente investigación aborda este desafío desde el plano de la comprensión teórica sobre la complejidad del fenómeno de la digitalización como expresión del cambio tecnológico. De manera que, este análisis se conforma en una contribución en el campo de los estudios de innovación que busca reducir el grado de complejidad de los cambios tecnológicos generados por la digitalización para la toma de decisiones por parte de los actores de innovación, fundamentalmente en los países en vías de desarrollo.

La minimización de la complejidad se refiere aquí a la posibilidad de identificar un conjunto de variables que caracterizan a la digitalización como patrón tecnológico dominante, entendiéndose que se trata de un patrón tecnológico capaz de transformar la estructura económica de los países, y al mismo tiempo posee la capacidad de regenerarse y nuevamente transformar la economía a diferencia de patrones tecnológicos anteriores. En el plano práctico, la minimización de dicha complejidad se refiere en primer lugar a la comprensión de las variables que le otorgan a la digitalización el carácter dominante y a cómo estas variables pueden presentarse ante los actores de innovación, de acuerdo a condiciones geográficas, económicas, políticas, sociales y tecnológicas.

La estructura de análisis seleccionada para abordar los elementos teóricos mencionados anteriormente se desarrolla de la siguiente manera: Primero, un marco referencial conceptual

y de contexto de los elementos estratégicos, organizativos y operativos de la innovación en el contexto de la digitalización como expresión del cambio tecnológico. Segundo, a partir de las precisiones conceptuales y de contexto se desarrolla el análisis teórico que presenta a la digitalización como patrón tecnológico dominante, utilizando modelos representativos a través del Sistema Nacional de Innovación (SNI) que permiten observar el carácter dominante de la digitalización en contextos geográficos diferentes. El análisis teórico desarrollado presenta adicionalmente la operacionalización cualitativa de variables que permiten comprender el proceso que desarrolla la digitalización en el marco del SNI. Tercero, siendo la complejidad el elemento característico del comportamiento de la digitalización como patrón tecnológico dominante, se operacionalizan a través del QCA (Qualitative Comparative Analysis) las variables identificadas que le otorgan el carácter dominante a la digitalización en actores específicos de innovación en México, en este caso se seleccionaron cuatro universidades públicas. Esto con el propósito de observar la complejidad del fenómeno de la digitalización como expresión del cambio tecnológico en el plano de la gestión de innovación universitaria.

Las metodologías utilizadas fueron de carácter deductivo, inductivo, cualitativo-descriptivo, cualitativo-interpretativo y cuantitativo-interpretativo con los cuales fue posible desarrollar las diferentes fases del análisis y lógicamente cumplir con los objetivos de investigación planteados. La combinación metodológica permitió superar restricciones conceptuales, sistematizar información, contrastar teorías, unificar variables, elaborar modelos representativos teóricos y matemáticos de comportamiento de variables y finalmente el análisis empírico sobre el comportamiento de las variables. Es importante resaltar aquí, que el enfoque metodológico desarrollado también contó con habilidades

interdisciplinarias para la comprensión teórica y metodológica de la investigación, tal como la fue el uso y la aplicación de la teoría de sistemas en el capítulo 3.

El conjunto de resultados obtenidos fue discutido con expertos sobre el tema en diferentes contextos científicos. Aquí se debe resaltar que los resultados generados produjeron que algunos aspectos específicos de la investigación hayan podido ser presentados en dos conferencias internacionales y hayan generado tres publicaciones científicas. La primera publicación se logró a través del XVIII Congreso Latino-Iberoamericana de Gestión Tecnológica (AITEC-2019): “Gestión Tecnológica y ODS: Panorama Retos y Oportunidades”. La publicación tiene como nombre: “Digitalización y Nueva Dinámica del Cambio Tecnológico: Implicaciones en la Gestión de Innovación de la Educación Superior en México¹. La segunda, a través de la 29th International Conference of the International Association for Management of Technology, IAMOT-2020. La publicación tiene como título: “The New Complexity and New Dynamics of Technological Change and its Effects on Innovation Management”². Finalmente, la tercera en el XVII Triple Helix International Conference, 2019, cuyo título es "Digital Transformation and New Dynamics of the Triple Helix model"³. Una última publicación sobre este trabajo se propondrá para la 18th ISS Conference of the International Schumpeter Society en el 2021. Allí, se mostrarán los resultados relacionados con el rendimiento del Sistema Nacional de Innovación en América

¹ Escott, M. P., Palacios, R., y Valencia, R. (2019). Digitalización y nueva dinámica del cambio tecnológico: Implicaciones en la gestión de innovación de la educación superior en México. *Debates Sobre Innovación*, 3(4), 7-19. Recuperado de <https://economiaeinovacionuamx.org/revista/numero/8> (aceptado por los árbitros y en proceso de publicación).

² Escott, M. P., Palacios, R., y Cruz, X. M. (2020). The new complexity and new dynamics of technological change; and its effects on innovation management. *IAMOT 2020 Conference Proceedings*. (p.1063–1076). Cairo, Egipto: International Association for Management of Technology.

³ Escott, M. P., Palacios, R., y Cruz, X. M. (2020). Digital Transformation and New Dynamics of the Triple Helix model. *Triple Helix International Conference 2019*. (Aceptado por los árbitros y en proceso de publicación).

Latina en el contexto de la digitalización como expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante.

El conjunto de conferencias en donde fueron presentados los avances y resultados de la investigación, permitieron adecuar y corregir algunas precisiones teórico-metodológicas inicialmente propuestas.

Si bien es cierto, que el trabajo teórico ha generado hallazgos y evidencias importantes y aproximativas en la evolución de la teoría de la innovación en América Latina, es necesario señalar que también existieron algunas limitaciones.

La primera, se refiere al campo teórico de la investigación, aún cuando existe un importante número de contribuciones teóricas sobre el cambio el cambio tecnológico, tanto las que se resaltaron aquí en esta investigación como otras posturas existentes desde muy básicas (Katz, 1987) hasta otras más recientes (Nübler, 2016 y Roitter, 2019) no se encontró una sistematización longitudinal del concepto, con la cual se pudiera observar la transformación digital y su relación con los componentes teóricos del cambio tecnológico y asimismo tampoco fue posible obtener una caracterización sobre la evolución de los sistemas nacionales de innovación respecto a este patrón tecnológico. Sin embargo, y previamente identificando esta limitación fue factible hacer una sistematización sobre variables conceptuales, es así como se llegó a la identificación de los componentes integrados.

Una segunda limitación son los aspectos complejos; los elementos a favor y en contra de la aplicación de una metodología determinada, lo cual se interpreta aquí como una de las características que se encuentran presentes en cualquier investigación de carácter científico. La aplicación de QCA, si bien permite rastrear el comportamiento de variables mediante la elaboración de configuraciones lógicas, la interpretación de los resultados es altamente

compleja, y por lo tanto exige una precisión conceptual de cada variable para poder interpretarla en el contexto de la elaboración de las configuraciones.

Finalmente, se debe señalar que el contexto en el que se desarrollo la investigación se inició mucho antes de la aparición de la pandemia COVID-19 y la actividad de análisis de los datos del QCA se inició en medio del desarrollo de la misma. La digitalización como patrón tecnológico dominante y como expresión del cambio tecnológico ha adquirido una dinámica de mayor aceleración en comparación con la etapa previa en la que no había aparecido la pandemia. Si bien es cierto, no fue posible analizar con mayor profundidad algunos elementos de la digitalización en las circunstancias actuales vinculantes con los objetivos de esta investigación, ello no impide que los hallazgos logrados en este trabajo se conformen en una base teórica y empírica que permite una aproximación a la caracterización de la complejidad y dinámica del cambio tecnológico a través de la digitalización. Lo cual permite inferir que los hallazgos y evidencias logrados poseen una fuerza teórica y conceptual importante que pueden ser utilizados en el contexto de las nuevas transformaciones tecnológicas que se desarrollan en la actualidad.

Aquí no sólo se identificaron las características de la digitalización como expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante, sino, que también, se dejó abierto a partir de esta noción, la característica de “doble dominante”. Estas evidencias en su conjunto podrían ser de una relevancia importante para los países de América Latina, en el sentido de que se tendrían evidencias fundamentalmente teóricas que obligarían a una transformación de las políticas públicas de innovación capaces de impactar en la estructura económica de estos países.

1.2 Antecedentes de la investigación

Schumpeter (1911; 1922; 1939; 1961; 1967) fue uno de los primeros economistas contemporáneos en escribir sobre el cambio tecnológico y el emprendimiento. Ambos elementos han sido igualmente catalizadores para el desarrollo de los estudios en el campo de la economía de la innovación. El contexto en que estos elementos se desarrollan, puede encontrarse por ejemplo en las contribuciones de Katz (1987), Freeman y Soete (1994), Soete (1990), Pérez (2010) y en otras mucho más recientes como Valenduc (2018) y Nübler (2016).

Los trabajos teóricos citados anteriormente aportan elementos convincentes que permiten afirmar la importancia de analizar la dinámica del cambio tecnológico y su relación con la estructura económica y social de los países, tales son las nociones de sistemas de innovación⁴ y trayectorias tecnológicas⁵ entre otras. El conjunto de estas contribuciones posee un carácter de abstracción teórica relevante para contextualizar la dinámica que desarrolla el cambio tecnológico.

Siendo también necesario conocer los elementos sobre cómo y sobre quiénes participan en la dinámica del cambio tecnológico, se requiere identificar un conjunto de contribuciones científicas orientadas a responder tales preguntas. En este sentido están los aportes de Cantner (2018), Zeppini (2011), Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012), Valenduc (2018), Schot y Steinmueller (2016), Choi, Jeong y Jung (2018), Reschke y Kemp (1999), entre otros.

⁴ Freeman (1995) define el sistema de innovación cómo la red de instituciones públicas y privadas, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías. Rincón (2004) considera al sistema nacional de innovación cómo un motor u obstáculo para el cambio tecnológico

⁵ Dosi (1982) menciona que las trayectorias tecnológicas se pueden definir cómo los caminos por los cuales ocurren las innovaciones en un campo determinado. La aparición de trayectorias tecnológicas puede explicarse por la interacción entre los avances científicos, los factores económicos y las variables institucionales

Este conjunto de actores han realizado importantes contribuciones para definir e identificar variables que relacionan las estrategias de innovación con el cambio tecnológico.

No obstante, para intentar sistematizar la literatura referencial sobre el cambio tecnológico hasta los tiempos actuales es necesario clasificar dichas referencias en dos enfoques de la teoría de la innovación: a) el enfoque de la escuela neoclásica y b) el enfoque de la escuela evolucionista y neoschumpetereana. De la corriente clásica se desprenden los aportes de Abramovitz (1956), Solow (1956, 1957), Swan (1956) y Kendrick (1956). Dicha corriente establece que el cambio tecnológico es exógeno, él no emerge de la inversión en I+D por parte de las organizaciones o del quehacer de la investigación (Jiménez-Barrera, 2018). La tecnología cambia sin que se le proporcione algún impulso específico, lo cual significa que los autores neoclásicos no dan explicación suficiente sobre el origen del cambio tecnológico.

Tal interrogante sobre el cambio tecnológico es abordada de forma recurrente por la corriente evolucionista (Richard Nelson y Sydney Winter, 1982; Dosi, 1982; Nathan Rosenberg, 1982; Soete, 1984; Pavitt, 1984; Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Archibugi y Pianta, 1996; Pérez, 2003; Mazzucato, 2013, entre muchos otros). Esta corriente de pensamiento ha enfocado su investigación en dar una explicación del cambio tecnológico y la innovación a través de sus regularidades y evoluciones. Aquí la digitalización es observada como un patrón tecnológico de cambio en la estructura económica de los países. También esta escuela de pensamiento ha abordado peculiaridades y comportamiento de la innovación

a partir de los cambios técnicos individuales⁶, transitando por los clústeres⁷, sistemas tecnológicos⁸ hasta llegar a las revoluciones tecnológicas.

A partir de la década de los 70s se observa que el cambio tecnológico cómo componente de la estructura económica de los países experimenta desde el ámbito de la política una nueva perspectiva. Algunos expertos sobre el tema como Lujan y Moreno (1996) mencionan que una referencia importante para que ello haya ocurrido fue cuando el Congreso de los EE. UU. instituyó: The Office of Technology Assessment⁹ (OTQ), considerando que es a partir de la creación de esta institución cuando se establece que la evaluación constructiva¹⁰ de la tecnología permite tomar decisiones antes las nuevas manifestaciones tecnológicas y a su vez habilita el control de la dirección y ritmo del cambio tecnológico. Según Lujan y Moreno (1996) esta nueva perspectiva suma nuevos elementos al análisis teórico del cambio tecnológico cómo por ejemplo la política, sugiriendo ver a la tecnología cómo elemento vital en la acción del poder público y estrategia de acción de los gobiernos y es a partir de aquí donde adquiere mayor importancia la política científica. Esta nueva visión recibe el nombre de enfoque prescriptivo el cual comparte ideas con el enfoque y la teoría evolucionista.

⁶ Pérez (2010): “[...]”las innovaciones individuales se conectan entre sí formando sistemas tecnológicos, estos sistemas a su vez se interconectan en revoluciones tecnológicas. De ahí que, en una primera aproximación, una *revolución tecnológica* (RT) puede definirse cómo un conjunto interrelacionado de saltos tecnológicos radicales que conforman una gran constelación de tecnologías interdependientes; un ‘cluster’ de ‘clusters’ o un sistema de sistemas”[...] (p.6).

⁷ Porter (1996) los define cómo grupos de empresas interconectadas, proveedores, industrias relacionadas e instituciones que surgen en ubicaciones particulares, que se han convertido en una nueva forma para que las empresas y los gobiernos piensen en las economías, evalúen la ventaja competitiva de las ubicaciones y establezcan políticas públicas.

⁸ Para Pérez (2010) la conexión de innovaciones individuales crea sistemas tecnológicos.

⁹ De acuerdo con Lujan y Moreno (1996) esta institución propuso la noción de evaluación constructiva de tecnología, la cual establece que la tecnología no solo tiene que enfocarse en los factores externo – efecto e impacto –, debe también considerar el progreso interno a manera de un proceso continuo que crea selecciones ceñidas por el elemento social, técnico, económico, científico, político, entre otros.

¹⁰ La tecnología no solo tiene que enfocarse en los factores externo – efecto e impacto –, debe también considerar el progreso interno a manera de un proceso continuo que crea selecciones ceñidas por el elemento social, técnico, económico, científico, político, entre otros (Lujan y Moneo, 1996).

El enfoque prescriptivo se ha empleado desde dos perspectivas diferentes; a) Valoración de la Tecnología y b) Políticas públicas. El primero se refiere a la toma de decisiones acerca de las actuales oportunidades tecnológicas para la industria (Rip y Van den Belt, 1988; Smits, Leyten, Den Hertog, 1990; Schot, 1992 y Kanger y Schot, 2019) y el segundo presenta a la tecnología cómo elemento esencial en el ejercicio del poder público a través de las políticas científicas (Pavitt, 1987; Rosenberg, 1991; Salomon, 1991; Gummett, 1991; Schienstock, 1994 y Aichholzer y Schienstock, 2010).

Otro de los aportes que permiten acelerar la revisión sobre el análisis histórico del cambio tecnológico y en consecuencia abonar al camino para el análisis de sus particularidades son los aportes recientes de Kurzweil (2012) a través de la teoría de los rendimientos acelerados – “The Law of Accelerating Returns” –. Allí partiendo de la fuerza y transformación que ejercen la tecnología de información y comunicación se expone que la tecnología progresa exponencialmente y no de forma lineal. La tecnología evoluciona cada vez más rápido y en consecuencia se abren mayores dificultades para hacer predicciones respecto al cambio tecnológico, lo cual trae cómo consecuencia la singularidad tecnológica.

La singularidad tecnológica de acuerdo con Kurzweil (2012) se refiere al momento en que la tecnología se vuelve impredecible impactando con cambios estructurales en la humanidad. Al igual que Kurzweil (2012), Orbe (2011) considera que este conjunto de transformaciones cambiaría de forma sustancial estructuras mentales e influirían en entornos socioculturales e incluso crearían conocimientos nuevos que sean la base de una época muy distinta a la actual.

La fuerza teórica de los aportes de Kurzweil (2012) radica en que confronta las afirmaciones anteriores provenientes de la escuela neoclásica y la escuela evolucionista, dado que en la primera el cambio tecnológico se consideraba como un proceso de naturaleza lineal

y la segunda como un proceso de naturaleza dinámica. La singularidad plantea un movimiento multidireccional de cambios, lo cual presenta a la dinámica del cambio tecnológico como un elemento altamente complejo.

Lo que no cambia en la evolución teórica del cambio tecnológico es el basamento teórico de la innovación de Schumpeter (1961) sobre la noción de la “destrucción creativa¹¹”. La misma continúa siendo el marco referencial por excelencia para analizar la complejidad y dinámica del cambio tecnológico. En este contexto ha cobrado fuerza el concepto de Sistema Nacional de Innovación también como categoría de estudio para analizar la complejidad del cambio tecnológico y la actuación de los actores de innovación (Nelson y Sydney, 1982; Dosi, 1982; Rosenberg, 1982; Soete, 1984; Pavitt, 1984; Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Archibugi y Pianta, 1996; Pérez, 2003, Mazzucato, 2013; Cantner, 2018, entre muchos otros). Para el caso de América Latina aún cuando existe literatura extensa sobre el tema, los aportes de (Estrada, Álvarez y Palacios, 2016) son una de las referencias más relevantes en esta investigación, dado que permite analizar el SNI desde la perspectiva de la complejidad, a través de la noción de restricciones del SNI y que posteriormente es utilizado para analizar la dinámica de la digitalización en los países de América Latina.

Cantner (2018) por ejemplo sugiere que el cambio tecnológico es estimulado por la innovación y que la innovación es impulsada por actores de cambio del sistema de innovación, sin separarse de la noción de sistema de innovación de Freeman (1995) quien lo define como la red de instituciones públicas y privadas, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías.

¹¹ Schumpeter (1961) se refería a que la destrucción creativa es un proceso que involucra innovar en una economía de mercado en el que novedosas tecnologías destruyen antiguas tecnologías y sus arquetipos provocado un cambio tecnológico.

Otras contribuciones como las de Monahan (2006) sirven para relacionar a las universidades como actor de innovación en el contexto del cambio tecnológico, teniendo como base el potencial de ellas en la transformación de la tecnología Monahan (2006), Domínguez (2014) y Teece (2017) analizan el potencial de innovación utilizando a la digitalización como elemento de análisis. Los aportes de Domínguez (2014) han mostrado el impacto de la digitalización en el método y forma de organización de las universidades. Sobre esto Teece (2017) agrega que: *“The growing complexity of the university and of its competitive, technological, and operating environment means that the status quo in management is no longer adequate. New mental models are required”* (p.1).

El análisis del cambio tecnológico y la digitalización y el rol de las universidades se puede referenciar también con aportes más recientes provenientes de la Comisión de Expertos para la Investigación e Innovación (EFI, 2019). En este reporte la digitalización se observa por una parte como un patrón tecnológico de alto impacto diferenciándolo estrictamente de los procesos de automatización, es decir de la acción de digitalizar. Las universidades aparecen aquí como actores de innovación que utilizan a la digitalización también para acelerar la dinámica del sistema de innovación nacional.

Del conjunto de elementos teóricos sistematizados hasta aquí se observa que la complejidad de comprender la dinámica del cambio tecnológico ha sido una tarea consecuente en los estudios de innovación. Lo mismo, han sido los esfuerzos de reducir la complejidad teórica del fenómeno y un ejemplo de ello han sido los trabajos de la escuela evolucionista de la innovación.

Sin embargo, la complejidad y dinámica del cambio tecnológico es cíclica y puede ser mayor que la observada en fases anteriores. La digitalización como una expresión del cambio

tecnológico es un ejemplo de ello, ella genera un conjunto de nuevos elementos de análisis que se diferencian de los anteriores y en consecuencia producen nuevas trayectorias de adaptación por parte de los actores de innovación. De aquí se deduce que la complejidad de la digitalización solo puede ser abordada partiendo de los elementos que constituyen al cambio tecnológico y que son los elementos que constituirían el basamento teórico para caracterizar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y no al revés.

1.3 Problema de investigación

El problema de investigación plantea lo siguiente: La digitalización desarrolla una dinámica altamente compleja y esta se presenta de la misma forma ante los actores de innovación, tal complejidad ejerce la fuerza de restringir la actuación eficaz de estos actores en la creación de capacidad innovativa. Por lo tanto, para poder minimizar la complejidad de dicha dinámica se requiere identificar y definir un conjunto de variables que permitan explicar la composición teórica de la digitalización como expresión del cambio tecnológico actual y con lo cual sea factible un reacomodamiento de los actores de innovación para desarrollar sus estrategias.

A partir de la noción de “destrucción creativa” (Schumpeter, 1961) pasando por el conjunto de estudios en el campo de la innovación, se observa que la dinámica del cambio tecnológico y su efecto en el desarrollo de los sistemas de innovación y muy particularmente en la actuación de los actores de innovación para crear mayor capacidad innovativa, se presenta como un tema de relevancia y complejo. Si a ello se le suma que la digitalización desde tiempos muy recientes es la expresión más elocuente de estos cambios tecnológicos; y si además se asume que la misma presenta un conjunto de componentes teóricos que la

diferencian de patrones tecnológicos anteriores, los cuales tienen un efecto directo en las prácticas habituales de gestión de los actores de innovación, significa esto, entonces, que se está actualmente frente a un fenómeno del cambio tecnológico con características muy distintivas a las que se habían conocido. Por lo tanto, se puede afirmar que la innovación muestra cada vez más un comportamiento incierto y complejo.

Los aportes de Kurzweil (2012) poseen una alta legitimidad teórica para corroborar lo anteriormente mencionado. También los trabajos de Cimoli y Dosi (1994), Lujan y Moreno (1996), Zeppini (2011), Estrada, Álvarez y Palacios (2016), Jimenez-Barrera (2018), Valenduc (2018) y Cantner (2017) sirven de basamento para afirmar el grado de complejidad que está adquiriendo el cambio tecnológico expresado en la digitalización. De manera que, el cambio tecnológico es una categoría teórica y un componente práctico que está en constante evolución.

El cambio tecnológico históricamente ha sido abordado desde el enfoque teórico por su naturaleza endógena y exógena, por su efecto geográfico, por su impacto en los actores sociales, institucionales, económicos, políticos, por su estado lineal, dinámico y exponencial, por los desafíos que supone, por sus manifestaciones tecnológicas, entre otros. Sin embargo, la evolución del cambio tecnológico actual está impulsada fundamentalmente por el conjunto de transformaciones económicas que está generando la digitalización; y la dinámica de la gestión de innovación también está siendo afectada (Valenduc, 2018; Cantner, 2017; Cantner y Vannuccini, 2018 y Valenduc y Vendramin, 2017). La digitalización como una expresión del cambio tecnológico está originando alteraciones en la manera de cómo los actores del sistema nacional de innovación (SNI) se organizan y producen, y está alterando el funcionamiento del propio sistema (Estrada, Álvarez y Palacios, 2016).

El impacto que está generando la digitalización no es temporal, más bien es repetitivo. Se observan ciclos económicos cortos en donde la digitalización siempre está presente y toma mayor fuerza, entre otras cosas, por su capacidad de recombinar tecnologías de información.

Considerando de entrada los reportes de Rivas y Rovira (2014), UNESCO (2014), Hinostraza (2017) y Álvarez y Palacios (2016), se puede afirmar la digitalización como expresión del cambio tecnológico está generando un rezago en la actividad de innovación de los actores; está generando un rezago en la gestión de innovación y en consecuencia disminuyendo su capacidad innovativa.

1.4 Objetivos de investigación

De acuerdo a la descripción del problema el objetivo general de la investigación es el siguiente: Identificar en el contexto de la complejidad de los cambios tecnológicos nuevos componentes teóricos y prácticos de la digitalización como patrón tecnológico dominante y su vinculación con la gestión de innovación universitaria en México.

Posteriormente se procedió a establecer los objetivos específicos de la investigación, los cuales se mencionan a continuación en el siguiente orden: 1) Caracterizar la nueva composición teórica de la dinámica actual y compleja del cambio tecnológico y la digitalización; 2) Identificar un conjunto de nuevas variables relacionadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante y describir como se presenta en la dinámica del Sistema Nacional de Innovación; y 3) Operacionalizar las variables de la digitalización como patrón tecnológico dominante en el contexto de la gestión universitaria en México.

1.5 Metodología de investigación

La investigación posee una pluralidad metodológica con base a dos enfoques: cualitativo y cuantitativo. El primero se apoya en los métodos deductivo, inductivo, interpretativo, utilizando como estrategias metodológicas la identificación y caracterización teórica. El segundo, utiliza también el método interpretativo, inductivo con base al análisis empírico de variables que se operacionalizan a través de la aplicación del Análisis Cualitativo Comparativo (QCA)¹² (configuración de variables y elaboraciones de diagramas de caja e histogramas). Cabe resaltar que QCA es fundamentalmente una metodología cualitativa que incluye procesos de análisis de tipo cuantitativo.

Sobre la aplicación del enfoque cualitativo se entiende por análisis deductivo el uso de muchas observaciones individuales para hacer una generalización (Bunge, 2018) y el análisis inductivo inicia con una idea general y determina si se aplica a una observación específica (Bunge, 2018). Para el primer caso, se procedió a una revisión de literatura e identificación y caracterización de enfoques teóricos sobre el cambio tecnológico, contrastación teórica de la literatura y finalmente la identificación y caracterización de variables (componentes integrados del cambio tecnológico). Para el segundo caso se aplicó el QCA permitiendo la operacionalización y caracterización de los componentes integrados y su relación con la gestión de innovación universitaria en México.

Sobre el método interpretativo, el mismo integró el desarrollo y aplicación de los enfoques cualitativo y cuantitativo. Orlikowski and Baroudi (1991), mencionan que con la investigación interpretativa se comprenden los fenómenos mediante el acceso a los

¹² Método fundamentado en casos para un análisis cruzado, reuniendo las bondades de la metodología cualitativa y cuantitativa al recurrir al álgebra booleana y teoría de conjuntos a través de un análisis de datos (Ragin, 1987).

significados que los participantes les asignan. Esto en términos prácticos significo en la investigación la interpretación del análisis de los datos arrojados por el QCA, los cuales determinaron distintas configuraciones que expresan el grado de complejidad de las variables en el contexto de la gestión de innovación universitaria en México. La tabla 1.1 resume la metodología de investigación.

Tabla 1.1

Enfoques metodológicos de la investigación

<i>Enfoque</i>	<i>Método</i>	<i>Estrategia metodológica</i>	<i>Aplicación del método</i>
<i>Cualitativo</i>	Deductivo Inductivo Interpretativo	Identificación, caracterización y contrastación teórica.	Paso 1: Revisión de literatura e identificación y caracterización de enfoques teóricos sobre el cambio tecnológico. Paso 2: Contrastación teórica. Paso 3: Identificación y caracterización de nuevos componentes (componentes integrados).
<i>Cuantitativo</i>	Interpretativo Inductivo	Análisis inductivo de los datos empíricos por medio del QCA.	Paso 4: Aplicación del QCA. Paso 5: Operacionalización de componentes integrados. Paso 6: Caracterización y análisis de resultados.

Fuente: Elaboración propia.

1.6 Estructura de la investigación

La estructura de investigación la componen cuatro (4 apartados), siguiendo un orden lógico y en vinculación con los objetivos de investigación planteados. La investigación se inicia con el desglose del método científico: Descripción de antecedentes, planteamiento del problema, justificación, objetivos de la investigación y metodología utilizada (CAPÍTULO 1). Aquí se presenta los elementos y aspectos principales que estructuran la investigación

sobre el tema de la Digitalización cómo nuevo patrón tecnológico dominante: Implicaciones en la innovación universitaria en México”, los cuales posteriormente son desglosados y analizados.

El marco conceptual y el marco referencial y de contexto conforman el CAPÍTULO 2. Aquí se delimita conceptualmente los elementos estructurales que son luego utilizados durante todo el proceso de investigación: cambio tecnológico, patrón tecnológico dominante, economía digital, gestión de innovación, sistema nacional de innovación e innovación universitaria. Esto permite avanzar hacia una descripción teórica y práctica de los conceptos en el desarrollo del marco contextual. De esta forma, es posible tener una visión general del comportamiento de estos componentes a escala global y también a escala local. De esta forma, se puede inferir las características y el grado de desarrollo de la innovación que poseen las universidades en México respecto a la digitalización como expresión del cambio tecnológico.

El CAPÍTULO 3 se constituye en el marco teórico del trabajo. El esfuerzo de investigación en este apartado consistió en reducir el nivel de complejidad de análisis teórico de la digitalización como expresión del cambio tecnológico. Aquí se identifican los elementos teóricos que condensan la relación cambio tecnológico, digitalización e innovación, y se operacionalizan metodologías de tipo cualitativas que permiten otorgarle a la digitalización el carácter dominante. Esto se logra en primera instancia identificando variables del cambio tecnológico y en una segunda instancia operacionalizando teóricamente estas variables para ser representadas en modelos y diagramas teóricos. Adicionalmente, estas variables son expresadas en ecuaciones matemáticas que expresan su comportamiento.

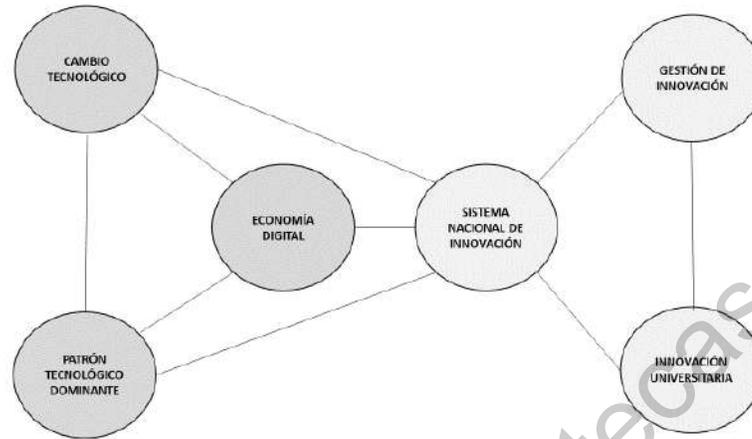
La operacionalización teórica lograda en el capítulo anterior ha permitido utilizar las variables identificadas relacionadas con la digitalización como expresión del cambio tecnológico actual para ser moduladas a través del método QCA (CAPÍTULO 4). Aquí se operacionalizan las variables para observar su comportamiento a través de cuestionarios a un grupo de actores de la gestión de innovación en las universidades mexicanas. En este capítulo se describen las ventajas de utilizar el método del QCA para temas de innovación y también para la medición de variables que poseen un alto grado de complejidad. Finalmente, este capítulo permite observar la relación de complejidad entre la digitalización como patrón tecnológico dominante y la gestión de innovación.

CAPÍTULO 2 MARCO CONCEPTUAL Y MARCO REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Base Conceptual

La elaboración del marco conceptual se presenta considerando dos elementos que son constantes en el presente trabajo de investigación: 1) jerarquización y estructuración desde lo general a lo particular y 2) integración e interacción de conceptos. De acuerdo a esta orientación metodológica se operacionalizan los conceptos: a) cambio tecnológico y patrón tecnológico; b) economía digital; c) sistema nacional de innovación; d) gestión de innovación; y e) innovación universitaria (ver figura 2.1). Bajo esta estructura se procedió a realizar las conceptualizaciones básicas:

Figura 2.1 Operacionalización de conceptos



Elaboración Propia.

a) Cambio Tecnológico y Patrón Tecnológico Dominante

Se parte de que el tratamiento conceptual sobre cambio tecnológico ha sido mayormente realizado con base a sus características, elementos que lo componen y dinámica que desarrolla y menos hacia una definición concreta de lo que significa este fenómeno (Escott, Palacios y Cruz, 2020). Este trabajo no intenta plantear una definición acabada de lo que significa el cambio tecnológico, pero si utiliza aproximaciones conceptuales de diferentes actores.

Mulder, Reschke y Kemp (1999) por ejemplo definieron al cambio tecnológico como un efecto en la forma en la que se relacionan los actores de una sociedad con las tecnologías, el contexto social, natural y las problemáticas mismas que surgen dentro de la sociedad. Tales relaciones conducen a la resolución de ciertas problemáticas sociales pasadas y al surgimiento de otras (Mulder, Reschke y Kemp, 1999). Estas últimas, demandan un cambio

en el modelo y estructura de las tecnologías, así como de los actores y la sociedad (Mulder, Reschke y Kemp, 1999).

Van Lente (1993) sugiere que el concepto podría definirse partiendo de las siguientes nociones: a) trayectoria, b) paradigma y c) nexos entre instituciones. La primera versa sobre la serie de productos con aplicaciones parecidas que genera el desarrollo de determinadas tecnologías, la segunda se corresponde con una agrupación de expectativas y nociones heurísticas relacionadas con un patrón tecnológico específico y la tercera es una coalición sólida entre los actores de innovación (Van Lente, 1993).

Otros actores como Zeppini (2011) y Cantner y Vannuccini (2018) afirman que el cambio tecnológico es un impulsor de la economía y éste es estimulado por la innovación. Para Cantner y Vannuccini (2018) la innovación es promovida por actores de cambio o entidades específicas en el sentido de Schumpeter (1911, 1961). Fatás-Villafranca y Sánchez-Chóliz (2012) antes ya habían concordado con esta visión y habían considerado que la innovación provoca un cambio tecnológico que da paso a una nueva época tecnológica enmarcada por un nuevo bien de capital o un nuevo “patrón tecnológico”. Esto, según Fatás-Villafranca y Sánchez-Chóliz (2012), eventualmente podrían sustituir al antiguo patrón tecnológico.

Este conjunto de aportes permite vincular al patrón tecnológico dominante con el cambio tecnológico. Al igual que el cambio tecnológico, la noción de patrón tecnológico ha sido tratada de forma muy holística, haciendo referencia a modos o trayectorias generales o específicas de la tecnología (Negraes, 1995 y Perez, 2003, 2010, 2013). Sin embargo, dichos aportes aún con sus heterogeneidades guardan un valor teórico de mucha relevancia para definir al patrón tecnológico dominante. Esta definición trata sobre el comportamiento de una misma tecnología que transforma constantemente el sistema económico de una forma

rápida y generando un mayor grado de complejidad en la actuación de los actores de innovación (Escott, Palacios y Cruz, 2020). Los principios básicos de este patrón tecnológico provienen de los aportes de Dedrick, Gurbaxani y Kraemer (2003) y Kurzweil (2012).

A diferencia de los cambios tecnológicos que ocurrían anteriormente al despliegue de las tecnologías de información, los cuales tenían una fase de nacimiento, despliegue y agotamiento (Pérez, 2004), el patrón tecnológico dominante puede el mismo desarrollar esta misma dinámica sin desaparecer, es decir, logrando su regeneración permanente dentro del sistema económico. Este es justamente el comportamiento de la digitalización como expresión del cambio tecnológico en el sistema económico capitalista actual. Este patrón tecnológico guarda una singularidad tecnológica (Orbe, 2011 y Kurzweil, 2012) que no permite fácilmente determinar los efectos de su desarrollo tanto en la sociedad como en el mercado.

b) Economía Digital

Los términos digitalizar y digitalización suelen referirse a lo mismo aun cuando son conceptos diferentes. Digitalizar es la acción de automatización de procesos de información y de convertir en digital información analógica y posteriormente transmitirla (Valenduc y Vendramin, 2016 y Velenduc, 2018). Mientras que la digitalización se conforma en un concepto muy complejo, que depende de la orientación y valor que se le asigne a la información digital. Esto quiere decir que, el uso y comprensión de la digitalización como patrón tecnológico es factible, pero aún restrictivo en el campo de los estudios de innovación (Valenduc y Vendramin, 2016 y Velenduc, 2018). Lo mismo ocurre cuando se intenta definir la digitalización en el campo de la economía (economía digital) (Ahmad y Ribarsky, 2018).

Una aproximación a la digitalización como patrón tecnológico y como expresión del cambio tecnológico es su composición y caracterización dentro del ámbito de las prácticas de la innovación. Cada actor reorganiza sus métodos y estrategias para obtener mayores beneficios al mismo tiempo que crean nuevo valor económico y se adaptan a las nuevas tecnologías (Galindo-Martín, Castaño-Martínez y Méndez-Picazo, 2019). Esta aproximación conceptual sobre la digitalización se conforma también en una base conceptual que permite operacionalizar la economía digital.

Sobre el concepto de economía digital existen referencias anteriores al comienzo de este siglo. Bell (1976) por ejemplo, haciendo referencia a la economía postindustrial mencionaba que la misma se fundamenta en producir y consumir intangibles a través de almacenar, transmitir y procesar datos cómo una forma de llevar acabo intercambios políticos y sociales. Carley (1999) sugiere que la economía digital fija un novedoso sistema económico, político y social distinguido por un ambiente inteligente conformado por la información, herramientas para acceder y procesar información y capacidad para la comunicación. Como complemento de los trabajos anteriores Zimmermann y Koerner (1999) afirmaban que la economía digital se fundamenta en la digitalización de la información y en la correspondiente configuración de las TIC.

El interés de conceptualizar la economía digital fue aumentando en el campo de la economía y es así como en el siglo XX con el desarrollo exponencial de la digitalización han surgido diversas concepciones. Orlikowski y Iacono (2000) se referían a la economía digital como un fenómeno naciente y complejo de este siglo, vinculado por la micro y macroeconomía. Sobre esto Del Águila Obra et al. (2001) manifiestan que la economía digital se define cómo un sector económico que incorpora bienes y servicios en los cuales para

desarrollarlos, producirlos, venderlos y abastecerlos se requiere imperantemente de tecnología digital y en donde intervienen de forma relevante sectores económicos como: infraestructura, aplicaciones, comercio electrónico e intermediarios.

Valenduc y Vendramin (2016) mencionan que aún en la actualidad no se ha llegado a un consenso en la definición de economía digital, sin embargo, si se puede observar en ella cuatro características: a) irrelevancia de la ubicación geográfica; b) el papel clave desempeñado por las plataformas digitales; c) la importancia de los efectos de red; y d) el uso de big data. En los reportes de Bertani, Ponta, Raberto, Teglio y Cincotti (2020), es posible ver el salto cuantitativo que ha dado la economía digital, si uno compara los elementos abordados por Valenduc y Vendramin (2016). La economía representada por ejemplo en el software, la inteligencia artificial y los algoritmos se caracterizan por poseer un potencial de intangibles que no es previsible. Esto sumado a los elementos de velocidad, complejidad, permanencia y retroalimentación de la digitalización permite considerar la economía digital como un patrón económico sustentado en las tecnologías de información y los intangibles que impactan también en el sistema económico, político, social y cultural global (Watanabe, Naveed, Tou y Neittaanäki, 2018)¹⁴.

c) Sistema Nacional de Innovación (SNI)

Los aportes de Valenduc (2018) y Pérez (2010, 2013) son una referencia para referirse a la relación SNI y cambio Tecnológico. Al respecto estos autores mencionan que las circunstancias que determinan la difusión de un patrón tecnológico están condicionadas por

¹⁴ Estos autores profundizan sobre el desajuste económico generado por las innovaciones digitales en países industrializados.

decisiones políticas, vínculos sociales, planes estratégicos para la economía, operación de los mercados comerciales y laborales y la capacidad de la sociedad y las instituciones por adaptarse a la tecnología. Es decir, la difusión del patrón tecnológico en gran medida está condicionado por la dinámica que adquiere el sistema en donde actúan los actores de innovación que directa e indirectamente se vinculan con la actividad de producción y uso de conocimiento (Estrada, Álvarez y Palacios, 2016).

Los reportes de Bertani, Ponta, Raberto, Teglio y Cincotti (2020) sustentan lo anteriormente dicho y dejan establecido el nivel en donde la innovación presenta una dinámica que requiere de la intervención estructurada de diferentes actores. Esta dinámica no siempre da paso a la destrucción creativa, pero es una condición para que ella ocurra. De aquí se desprende la idea del valor del SNI, el cual ciertamente podría ser un motor o un obstáculo para el cambio tecnológico (Rincón, 2004), y ello dependerá de la dinámica que los actores de innovación desarrollen y de su capacidad de interacción y adaptación al patrón tecnológico dominante (Estrada, Álvarez y Palacios, 2016). La dinámica actual que desarrolla la digitalización a través de la industria 4.0 por ejemplo, se caracteriza por el desarrollo de tecnologías altamente complejas e interrelacionadas basadas en IoT (Internet of Things) para proveer soluciones digitales. En este contexto, de complejidad se requiere de un conjunto de capacidades y habilidades que son difícil de encontrar en un proveedor de tecnología, por lo tanto, se requiere la interacción con otros actores de innovación relacionados con estas nuevas necesidades, las cuales deben guardar como característica la creación de valor (co-creación) (Benitez, Ayala y Frank, 2020).

No existe una forma acabada teóricamente para definir el Sistema Nacional de Innovación, mucho menos sería posible hacerlo si se parte del hecho de que la digitalización como patrón

tecnológico dominante se comporta de una forma altamente compleja que afecta en consecuencia la dinámica de los actores de innovación. No obstante, el concepto históricamente conserva bases teóricas hasta de gran pertinencia en la actualidad¹⁵.

Por ejemplo, Metcalfe (1995), concebía al SNI como el conjunto de instituciones que de forma interactiva y particular cooperan para desarrollar y difundir las tecnologías emergentes. En concordancia con los aportes de Metcalfe (1995) están también los de Freeman (1995) quien además define al SNI como una red de instituciones interconectadas con el propósito de formar, acopiar y transferir conocimiento. Allí se desarrollan destrezas y se crean nuevas tecnologías, dejando un espacio abierto a la acción gubernamental para diseñar y poner en práctica políticas encaminadas a incentivar los procesos de innovación (Freeman, 1995).

La producción científica de comienzos de este siglo sobre el SNI también ha sido diversa. Tomando como referencia los reportes sobre el tema desde Valdez-Lafarga y León-Balderrama (2015), Estrada, Álvarez y Palacios (2016), Mazzucato y Penna, (2016), Valenduc (2018), Cantner (2018), Mazzucato (2018), hasta Panori, Kakderi, Komnino, Fellnhofer, Reid y Mora (2020), se puede observar que el nivel de alcance o el rendimiento del SNI depende fundamentalmente de la habilidad de los actores de innovación en actuar e interactuar respecto al patrón tecnológico dominante. Sobre esta base, se considera al SNI como el instrumento económico para desarrollar la capacidad innovativa de un país. En este escenario es en donde debe reconocerse el rol y potencial de los actores de innovación (universidades, empresas, centros de investigación, gobierno, entre muchos otros) para

¹⁵ Ver los aportes sobre SNI en: Pavitt (1984), Freeman (1982,1987), Freeman y Pérez, (1988), Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg y Soete (1988), Lundvall (1992), Freeman y Soete (1997), Nelson (1993), Niosi (2002) y Godinho et al.

utilizar al SNI como elemento de adaptación del patrón tecnológico dominante (Panori et al., 2020).

d) Gestión de la innovación

La gestión de innovación ha tenido como labor la comprensión de los elementos que la integran, fundamentalmente los aspectos organizativos y de transferencia y uso de conocimiento (Escorsa y Valls, 2005). Basado en ello, algunos autores han catalogado a la gestión de innovación como un nuevo paradigma que involucra la teoría de innovación basado en los roles y dinámica de los actores que la desarrollan, la visión de innovación basado en recursos y capacidades y finalmente la innovación como teoría compleja (Xu, Chen, Xie, Liu, Zheng y Wang, 2007).

Partiendo de la base que la innovación es intrínsecamente interdisciplinaria puede demostrarse lo anteriormente dicho; se ha producido una enorme producción científica e investigaciones relevantes en el acampo de la gestión de innovación. Sin embargo, aludiendo a algunos autores críticos como Tidd y Bessant (2018), tal producción científica no ha sido lo suficientemente acumulativa y coherente, en el sentido de conformar una plataforma de conocimiento referencial lo suficientemente estructurado para enfrentar los desafíos que supone para los actores de innovación entendidos como organizaciones del patrón tecnológico dominante. Esto podría significar adicionalmente que la gestión de innovación no puede estar diseñada sólo para el crecimiento y desarrollo de estrategias, sino, que, también debiera involucrar el análisis de los factores que se encuentran detrás de ella.

A través de Escorsa (2007), Escorsa y Valls (2005) se puede identificar elementos y principios básicos de la gestión de innovación; partiendo de la idea que la acción de innovar

no únicamente hace referencia al surgimiento de una idea novedosa o a la actividad inventiva, sino que además, se refiere a un proceso integral que va desde la manera de organizar y dar dirección a los intangibles. Con la innovación se busca transferir ideas novedosas hacia los procesos de producción, distribución y uso conocimiento científico (Amador et al., 2018) y también se busca comprender la dinámica del cambio tecnológico, dado que en la innovación se confluye la tecnología, la economía y el entorno social e institucional (Pérez, 2010).

Otros principios básicos de la gestión de innovación son analizados por Xu et al. (2007) cuando hacían referencia al desarrollo de la investigación sobre gestión de innovación. Allí se pueden identificar cinco fases: Primera Fase: Investigación sobre innovación individual (1940-1950) basado en la teoría del empresario como emprendedor; Segunda fase: Investigación sobre la promoción organizacional (1960-1970) y que se centró en las fuentes de innovación dentro de las organizaciones; Tercera fase: Investigación sobre la participación de personas externas (Década de 1970) y se refería al papel de los usuarios en la innovación y los procesos de innovación; Cuarta fase: Investigación sobre cartera, innovación integrada y sistémica (1980-1990) que abarcaba los aspectos interactivos, mecanismos y relaciones entre los componentes de innovación; y Quinta fase: Investigación sobre la innovación realizada por cualquier persona en cualquier momento y en todos los procesos que puede también desarrollarse entre diferentes funciones y a escala global.

Junto al conjunto de principios básicos de la gestión de innovación mencionados anteriormente se unen las afirmaciones vinculadas al valor de la innovación. Desde Schumpeter (1961) pasando por autores de la escuela neo-schumpetereana como: Nelson y Sydney (1982), Dosi (1982), Rosenberg (1982), Soete, (1984), Pavitt (1984), Freeman (1987), Lundvall (1992), Archibugi y Pianta (1996), Pérez (2003), Mazzucato (2013),

Drucker (2014) y Cantner (2018), entre muchos otros, se ha insistido en que la innovación no existe si ella no es rentable.

Tal afirmación aun cuando sea discutible es en la práctica de las organizaciones un fin en si mismo. La innovación debe, por lo tanto, generar beneficios económicos y sociales y debe estar basada en una estructura organizativa cuyo fin sea aumentar la capacidad innovativa de las organizaciones, a través del conocimiento, procesos, estructura, tecnología, personas y las estrategias. Estos elementos fueron analizados anteriormente por Hannan y Freeman (1984), Kogut y Zander (1992) y Geiger (2005) justo cuando observaban el valor que tenía para las organizaciones poder conformar una capacidad tecnológica en la que el conocimiento tomaba la función y condición de la rentabilidad. La capacidad innovativa de las organizaciones se basa en la capacidad de absorber y utilizar la información que genera el medio ambiente protagonizado fundamentalmente por los cambios tecnológicos (Cohen y Levinthal, 1990).

La fuerza teórica que ha alcanzado la relación gestión de innovación y cambio tecnológico es cada vez mayor. Esta relación entre ambas ha sido claramente demostrada aquí cuando se describe el proceso de desarrollo del concepto en función de la dinámica histórica que ha desarrollado el cambio tecnológico. Un ejemplo referencial-práctico lo constituyó en su momento una encuesta danesa realizada a 1900 empresas privadas, en donde se logró observar que los cambios organizativos desarrollados entre 1993 y 1995 generaron al mismo tiempo nuevos productos y servicios y crearon una nueva base de conocimiento en las empresas – capacidad innovativa – (Xu et al., 2006).

De acuerdo a lo anterior la gestión de innovación se conforma en una herramienta organizativa que contribuye tanto al desarrollo económico (Mazzucato 2013b)¹⁶ como a la adaptación del patrón tecnológico dominante y que se expresa a través de la actuación (capacidades y habilidades organizativas) de los actores de innovación (Khohlahn y Ardabili, 2016; Cantner, 2018; Guertler y Sick, 2020 y Alofan, Chen, Tan, 2020). Adicionalmente se debe señalar que la gestión de innovación es una acción muy compleja que requiere de integración dinámica en tiempo real de estrategia, procesos, estructura, personas y tecnología (Van de Ven, Polley, Gerud y Venkataraman, 1999).

e) Innovación universitaria

Tanto la educación como la investigación definen el potencial de un país para poner en práctica estrategias exitosas en lo económico y en lo social. Esto fue postulado años atrás por el economista Theodore Schultz (1968) que, a través de su propuesta teórica sobre el capital humano, propone que el desarrollo de habilidades y conocimientos a través de la educación debe asumirse cómo inversión; de tal modo que la inversión en capital humano favorece el desarrollo económico con el fomento de la calificación laboral (Villalobos y Pedroza, 2009). Esta postura ha cobrado mayor fuerza con otros aportes como los de Yami, M'Chirgui, Spano y Barykina (2020), quienes atribuyen a la universidad un valor fundamental en la formación de capital humano y generación de innovación; más en el sentido de impactar como actor de innovación en la producción en la economía.

¹⁶ Para autores cómo Mazucatto (2013b, 2018) este escenario en el que transitan las organizaciones es el escenario de la “economía real”, en la cual cada organización que representa el sistema tiene un rol que debe integrarse a un fin común y es la creación de valor económico en la cual la sociedad toda se beneficiaría.

Para Teece (2017) el entorno educativo universitario se encuentra frente a nuevos retos, donde el desarrollo de la tecnología habilita nuevas formas de instruir y hacer investigación globalmente; las fronteras se eliminan creando un panorama de oportunidades, pero también requiriendo dejar atrás modelos viejos para dar paso a nuevas formas de organización para la enseñanza, la I+D y la innovación hacia dentro y hacia afuera.

Tanto los aportes de Teece (2017) como los de Yami et al. (2020) le dan sentido a la universidad en el contexto de la innovación como organización y como entidad de innovación; que debe contribuir al crecimiento de la rentabilidad económica y el desarrollo social e inclusivo. Esto marca un punto de partida relevante cuando se analiza a la universidad como actor de innovación, porque la incluye como parte de la función económica de un país, y en consecuencia es impensable que su actuación pueda ocurrir de forma aislada.

Como al resto de los actores de innovación, la digitalización ha impactado de diferentes formas a la universidad tanto a lo interno (estructura, procesos, estrategias, tecnología, personas) y a lo externo (impacto de la enseñanza, I+D e innovación) (Dixit, 2017; Pérez, 2000; Colina, 2009; Teece, 2017 y Vicente-Saez, Gustafsson y Van den Brande, 2020). Autores como Pérez (2010, 2013), Mazzucato (2013b), Estrada, Álvarez y Palacios (2016), Valenduc (2018), EFI (2019), Teece (2017) y Yami et al. (2020) han analizado el rol de la universidad en el contexto de la economía digital en dos direcciones: la primera sobre su papel como actor del SNI y la segunda sobre su capacidad de asimilar los cambios tecnológicos para construir capacidad innovativa.

Particularmente los aportes de Estrada, Álvarez y Palacios (2016), aún cuando fueron el producto de un análisis sobre SNI en países en vías de desarrollo, otorgan a la universidad un rol determinante en el SNI frente a la dinámica de la digitalización. Los autores afirman

que en este contexto la función de innovación de la universidad podría en un momento determinado prevalecer frente al resto de los actores; dinamizando la función del sistema. Esta nueva función de la universidad supera la función de eficiencia expresada en indicadores tradicionales como por ejemplo calidad de enseñanza, número de matriculados, número de publicaciones, ranking nacionales e internacionales y traslada a la universidad a desarrollar capacidad de gestión para interactúa dentro del SNI en la construcción de capacidad innovativa articulada con los otros actores y en correspondencia con la dinámica que experimenta el cambio tecnológico (Estrada et al., 2016).

2.2 Marco referencial

2.2.1 Orígenes de la digitalización

Diferentes actores dan cuenta de los orígenes de la digitalización. Bianchi, Durán y Labory (2019) afirman que la misma comenzó a investigarse y a operar muy tímidamente desde 1930¹⁷. Sin embargo, las investigaciones iniciales se le atribuyen a Bell (1976), cuando avizoraba una era económica postindustrial fundamentada en producir y consumir intangibles a través de almacenar, transmitir y procesar datos. En este tipo de economía llevarían a nuevas formas de intercambio político y social. Bell (1976) la denominó específicamente como la economía postindustrial, pero otros autores la definieron como la cuarta revolución industrial, seudónimo éste que se ha popularizado.

Para profundizar más sobre la digitalización es preciso describir las revoluciones económicas y tecnológicas que le antecede. De acuerdo con Matínes (2018) en los últimos dos siglos el ámbito empresarial global ha vivenciado cambios drásticos que han

¹⁷ Para más información consultar la obra de Bianchi, Durán y Labory, (2019): Transforming Industrial Policy for the Digital Age: Production, Territories and Structural Change. Edward Elgar Publishing.

revolucionado el sistema de producción económico a través de la introducción de nuevas tecnologías. A continuación, se muestra una descripción de las revoluciones industriales ocurridas (Matínes, 2018 y Forschungsunion Wirtschaft–Wissenschaft, 2013 y Schreyögg, 2016)¹⁸ (Ver tabla 2.1).

Tabla 2.1

Revoluciones Industriales

Revolución Industrial	Características que la definen	Características que la diferencian
Primera Revolución Industrial	-Tiene lugar en 1784 cuando James Watt introduce en la actividad industrial la máquina de vapor y transporte en Inglaterra. -El sector textil se benefició del telar mecánico. -El hierro sobresalió como materia prima.	-El carbón como fuente de energía para uso especial en el ferrocarril y barco de vapor. -Organizaciones altamente jerarquizadas.
Segunda Revolución Industrial	-Comprende de 1850 a 1970. -La electricidad y producción en línea son los fundadores de esta revolución. -Desarrollo de técnicas de producción. -Surgimiento de nuevas industrias en Inglaterra, EUA y Europa Occidental en sectores de química y electricidad. -Invención del motor de combustión interno que da paso a la tecnología que hizo posible la invención del automóvil y que inaugura la actividad petrolera.	-Evolución eléctrica y su uso en la industria, el transporte y en la vida cotidiana. -Evolución en las técnicas de producción. -Desarrollo de la economía creando la primera globalización que generó un desarrollo en la internacionalización económica. -Ampliación de la organización horizontal.
Tercera Revolución Industrial	-Surge en 1920, después de la primera guerra mundial. -Se denominó revolución científico-tecnológica o revolución de la inteligencia.	-Se fundamenta en las TICS, la informática automatizada y la innovación en energía renovable. -Combinación de organizaciones de tipo horizontal y vertical con combinación de tareas.
Cuarta Revolución Industrial	-No se ha precisado una fecha de inicio de esta revolución y ocurre actualmente. -Empleo del internet en la manufactura a través de la digitalización, TICS y los dispositivos inteligentes para conectar redes, comunicar equipos y maquinaria. -Manejo de los productos y servicios acoplándolos al cliente sin importar su área geográfica.	-Destaca el sistema ciber-físico, la industria de productos inteligentes, el internet de las cosas, la hiperconectividad, y el big data. -Innovación en la forma en que se produce, distribuye y se consumen bienes y servicios haciendo uso de nuevas tecnologías de información. -Desarrollo de estructura organizativa en redes. -Interacción de conocimientos con base a una estructura organizativa horizontal.

Fuente: Elaborada a partir de Martínes (2018 p. 1-2) y “Forschungsunion Wirtschaft–Wissenschaft” (2013, p-17).

¹⁸ “Forschungsunion Wirtschaft–Wissenschaft” representó un órgano asesor del Gobierno Federal Alemán, que existió entre el 2006 y el 2013 y acompañó la estrategia de alta tecnología del Gobierno.

Esta clasificación de las revoluciones industriales permite observar que la diferencia entre las dos primeras y las dos últimas revoluciones es la intensidad en que se produce la tecnología y los intangibles. Uno de los aspectos que es importante resaltar de la tabla 2.1 se refiere al cambio histórico que han experimentado las organizaciones que participan en el sistema económico: empresas, sobre todo, pero también las universidades y las instituciones gubernamentales. Dicho cambio se manifiesta en la flexibilización de los procesos organizativos y que han dado espacio a la fluidez del conocimiento para formar la capacidad innovativa de las empresas (Antons y Piller, 2015). En otras palabras, la “organización informal” iniciada con la tercera revolución industrial ha desplazado a la “organización formal” (Schreyögg, 2012), lo cual quiere decir que la capacidad innovativa de las organizaciones inicia su arquitectura a partir de la tercera revolución industrial.

Aún cuando Pérez (2010) no desestima la dinámica de las organizaciones, se centra más en el contexto de los cambios tecnológicos para definir los tipos de revoluciones industriales y tecnológicas. Es así como la autora presenta otra clasificación haciendo alusión a las “ondas largas”¹⁹. En ese sentido Pérez (2010) afirma que han ocurrido cinco grandes revoluciones: 1) la revolución industrial; 2) máquinas de vapor y ferrocarriles; 3) acero e ingeniería pesada; 4) petróleo, automóvil y producción en masas; y 5) informática y telecomunicaciones.

La disyuntiva sobre cuantas revoluciones industriales han ocurrido; período en que se inician y terminan o qué exactamente las han impulsado es todavía una interrogante en el campo de la economía. Para Pérez (2018a) la categorización tradicional de las revoluciones tecnológicas distingue tres revoluciones tecnológicas hasta fechas recientes, refiriéndose

¹⁹ En el tema 3.1.2 El enfoque evolutivo de la innovación se profundiza sobre las “ondas largas”.

comúnmente a las tecnologías como inventos dominantes: a) la máquina de vapor en el siglo XIX; b) la electricidad y el automóvil en el siglo XX; y c) las TIC en la actualidad. Aquí es importante destacar que Pérez (2018a) aborda las revoluciones tecnológicas desde una óptica sistémica. Esto quiere decir, que las revoluciones tecnológicas son agrupaciones interconectadas de insumos, procesos, productos e industrias nuevas y dinámicas.

Con el fin de profundizar un poco más sobre el origen de la digitalización y los períodos que le anteceden es importante hacer referencia a lo que menciona la “Industrial Global Union” (2017):

“[...]“la transformación de la economía ha tenido, y tiene, como principal hilo conductor el acelerado proceso de digitalización que se vive desde inicios del siglo actual, formando parte de los que algunos consideran la tercera revolución industrial y dando paso a la cuarta revolución industrial. Al mismo tiempo, incide de forma directa sobre el desarrollo de los procesos industriales, enmarcados en nuevas aplicaciones en robótica, automatización, mecanizado, logística..., que está favoreciendo la transición hacia un nuevo modelo industrial que generará, a su vez, una nueva dinámica económica, dando lugar a la llamada Industria 4.0, Industria Integrada o Conectada, que persigue la consecución de un sistema global interconectado”[...] (p.8).

De acuerdo con Dixit (2017) y tomando como referencia los aportes de Valenduc (2018) el surgimiento de la tecnología digital en los últimos tiempos ha marcado un avance significativo en el desarrollo de las organizaciones, especialmente de aquellas cuyos recursos se dispusieron a ello de forma inmediata. Adicionalmente manifiesta Valenduc (2018) que la Gran Depresión que culminó luego de la segunda guerra mundial marcó una diferencia en el crecimiento económico y social de países que utilizaron la digitalización como espacio socialmente inclusivo, capaz de conformar un tejido productivo ecológicamente sostenible, con posibilidades de expansión y empleo de calidad.

Se ha evidenciado una transición entre las tecnologías que van quedando obsoletas por la llegada de nuevos programas y recursos tecnológicos innovadores. En torno a ello, investigaciones²⁰ desarrolladas en los años 90, ya explicaban el desarrollo de un nuevo paradigma sustentado en nuevas tecnologías de información y comunicación, capaz de reconfigurar las interacciones sociales y el impulso de las organizaciones online. Valenduc (2018) señala que este nuevo patrón tecnológico, muestra hoy día un auge impresionante, afirmando que la digitalización es una realidad que amerita ser tomada en cuenta por las organizaciones que tienen la necesidad de sobrevivir en la dinámica del cambio tecnológico y que desean formar parte de la economía de la innovación.

2.2.2 Hacia una construcción teórica y práctica de la digitalización como patrón tecnológico dominante

A lo largo del desarrollo de la digitalización se ha evidenciado su conexión directa con el sistema económico, social y más recientemente con la sostenibilidad ecológica, por cuanto la digitalización permite a las organizaciones y actores del sistema de innovación optimizar sus recursos humanos, físicos y presupuestarios. Pero también, permite innovar, tomar decisiones e impulsar acciones para afrontar los retos actuales económicos (Degryse, 2016; Dixit, 2017 y Valenduc, 2018).

Tomando como referencia los aportes de Freeman (1987) y mucho después los de Estrada et al. (2016), se podría decir que la digitalización es un componente del cambio tecnológico que ofrece a escala global la oportunidad de crecer social y económicamente, pero también se presenta como un potencial para mejorar el rendimiento del SNI a través de lo que Berryhill, Kok Heang y Clogher (2019) denominaron innovación adaptativa, considerando

²⁰ Freeman y Soete (1990, 1997), Archibugi y Pianta (1996) y Cimoli y Dosi (1994), entre otros.

las habilidades de los actores de innovación para responder a un contexto tecnológico cambiante. Y todo aquello ocurre porque la digitalización se presenta como un conjunto de tecnologías que generan crecimiento creciente lo cual le da un carácter altamente innovador (Rosenberg, 2011).

Según la teoría de la innovación, para que se produzca innovación creciente es preciso un distanciamiento de los sistemas tecnológicos anteriores, regidos por principios de economía de escala y economía de alcance. Rosenberg (2011) también destaca que, no obstante, a lo largo del tiempo se puede producir un agotamiento tecnológico marcado por una innovación extendida o agotada, hasta que los sistemas técnicos sean actualizados por ideas novedosas radicales implementadas.

La noción de sistemas técnicos expuesta por Rosenberg (2011) se relacionan con un conjunto de tecnología que moldea la producción y distribución de productos dentro del sistema económico vigente y adicionalmente contempla las funciones o roles que desarrollan las entidades innovadoras (actores de innovación).

Otro elemento que conforma la digitalización se refiere a la recombinación de las tecnologías, las cuales tienen una característica particular porque una vez logrado su estado de madurez se regeneran e inician un despliegue exponencial en la economía. Sobre esto Brynjolfsson y McAfee (2015) sugieren que, aunque las innovaciones caducan, lo cual en ocasiones genera un estancamiento económico, el desarrollo recombinante que genera la digitalización crea oleadas constantes de destrucción creativa que le dan un nuevo impulso a la economía. Siguiendo con Brynjolfsson y McAfee (2015) tenemos la noción de “estallido

de la combinación” que representa una función²¹ matemática que tiene como patrón el crecimiento exponencial. Los aportes de Kurzweil (2012) a través de la explicación de la Ley de Rendimientos Acelerados otorga a la digitalización una característica relevante en comparación con patrones tecnológicos anteriores, la aceleración exponencial (velocidad).

El alcance global de las tecnologías de información se constituye en el siguiente elemento teórico de la digitalización y es la base contextual para analizar su relación con el cambio tecnológico. Baldwin (2016, 2019) se refiere a la globalización como impulsora del cambio tecnológico y la relaciona con la forma en que se desarrollan las “ondas largas” desde el despliegue hasta el agotamiento de las tecnologías. Esto Baldwin (2016) lo demostró utilizando el ejemplo de que en el periodo comprendido de 1820 a 1990 el tamaño del ingreso global designado a los países que tenían una posición financiera favorable se elevó de un 20% a un 70%, pero esta proporción luego presentó un descenso por la aparición de un nuevo tipo de globalización radicalmente diferente a la pasada.

Profundizando sobre la perspectiva de Baldwin (2016, 2019) tenemos la globalización 1.0 y 2.0. La primera tuvo sus inicios en 1820, terminando la Primera Guerra Mundial surge globalización 1.0²² y la globalización 2.0²³ comenzó en la Segunda Guerra mundial y

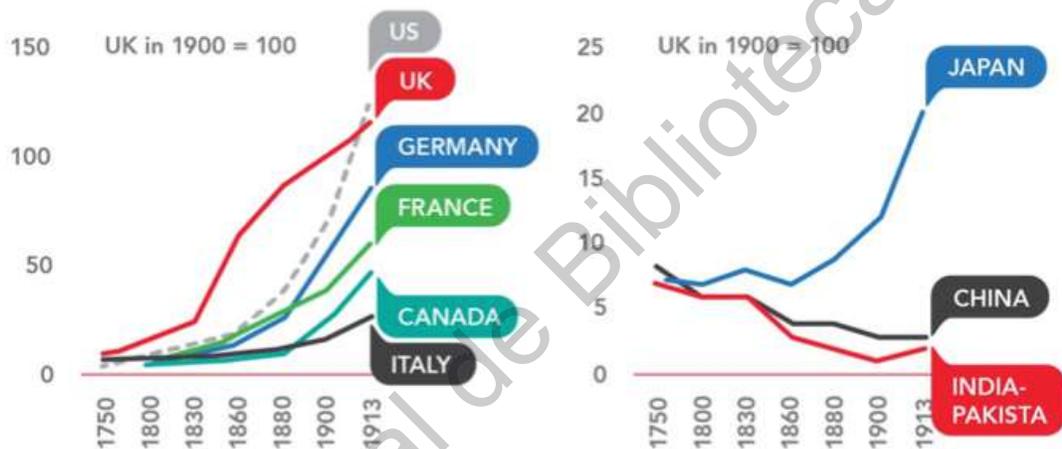
²¹ Brynjolfsson y McAfee (2015) citan al economista Weitzman (1998), quien desarrolló un modelo matemático de la nueva teoría del crecimiento, en el que los factores fijos de una economía (máquinas herramientas, camiones, laboratorios, etc.) se incrementan con el tiempo por las piezas de conocimiento que él llama 'ideas semilla, 'y el conocimiento mismo aumenta con el tiempo a medida que las ideas iniciales anteriores se recombinan en otras nuevas. Esta es una visión del mundo de la innovación como un bloque de construcción, donde tanto las piezas de conocimiento como las ideas semilla se pueden combinar y recombinar con el tiempo. Este modelo tiene un resultado fascinante: debido a que las posibilidades combinatorias explotan tan rápidamente, hay un número infinito de recombinaciones de las piezas de conocimiento existentes.

²² La globalización 1.0 fue la globalización anterior a la Primera Guerra Mundial, que fue lanzada por una caída histórica en los costos comerciales cuando el vapor y otras formas de energía mecánica hicieron que fuera económico consumir bienes fabricados en lugares lejanos.

²³ La globalización 2.0 es la fase posterior a la Segunda Guerra Mundial en la que el comercio de bienes se combinó con políticas internas complementarias que ayudaron a compartir los dolores y las ganancias de la globalización (y la automatización). El mercado estaba a cargo de la eficiencia; el gobierno estaba a cargo de la justicia.

finalizó en 1990. Baldwin (2016, 2019) menciona tanto la globalización 1.0 como la 2.0 generaron resultados relevantes en los países desarrollados, como por ejemplo Alemania y Japón que vivenciaron un apresurado aumento en su exportación, ingreso e industria contrastado con los países subdesarrollados (Ver figura 2.2).

Figura 2.2 Gran divergencia de la globalización 1.0



Fuente: Baldwin (2016) a partir de datos por parte del autor de Bairoch (1982).

La figura 2.2 muestra que la divergencia ocurrida en estos países fue porque la globalización 1.0 promovió la industrialización en el lado norte y la polarizó en el lado sur. Esto lo denominó Pomeranz (2009) como la “Gran Divergencia”. Posteriormente, el siglo XX exhibió otro progreso de la globalización al momento que las TIC disminuyeron el costo de transportar ideas internacionalmente. Este periodo es denominado globalización 3.0 (Baldwin, 2016, 2019). Aquí se generaron externalidades radicalmente dispares en el ingreso global, pues este tuvo un comportamiento opuesto al de la globalización 1.0 y 2.0. Esto se

explica porque se derrumbó en un 50% el ingreso global del PIB en el G7²⁴, ejemplo de ello fue Canadá que tuvo una caída del 30% en la participación de mercado (Baldwin, 2016, 2019). Este fenómeno fue diagnosticado como otra Gran Convergencia (Pomeranz, 2009), la cual ciertamente generó un contexto negativo por la desaceleración económica del G7, pero al mismo tiempo brindó un contexto alentador para otro grupo de países que tuvieron una industrialización rápida con la llegada de la globalización 3.0, como es el caso de India, Korea y Tailandia que aumentaron en un 16% el PIB (Pomeranz, 2009, Baldwin, 2019).

Lo que ha impulsado a la globalización de acuerdo a Baldwin (2016) es el tránsito geográfico de los bienes, las ideas, las personas, los servicios y el capital y su importancia en el sistema económico capitalista es justamente el tránsito de estos elementos y su impacto en el empleo, los salarios y la distribución del ingreso. Es decir, el arbitraje²⁵ de estos flujos promueve la globalización; cuando se aprovecha comprar con precios bajos y vender a precios altos surge el comercio internacional. La globalización por lo tanto puede simplificarse fundamentalmente en la reducción de los costos de trasladar bienes, ideas y personas (Baldwin, 2019). Justamente este proceso de reducción de costo es lo que impulsa un mayor desarrollo de tecnología que pueden expresarse en un conjunto de cambios tecnológicos o también en la regeneración de un patrón tecnológico dominante.

Como un ejemplo de la relación reducción de costos y desarrollo de tecnología se puede mencionar de forma longitudinal: a) cuando la energía de vapor hizo más barato trasladar productos; b) cuando en 1990 se trasladan las ideas para ser aprovechadas en el desarrollo de las tecnologías de información; y c) este último costo se refiere al de personas, Baldwin

²⁴ El G7 lo conforman: Francia, Alemania, Italia, Gran Bretaña, Estados Unidos, Japón y Canadá.

²⁵ Baldwin (2016) refiere el arbitraje como la acción de comprar y vender en dos vías: Cuando un bien tiene un precio bajo.

(2019) lo nombra interacción de “face to face” el cual hasta hoy en día persiste su alto costo. El autor menciona que cuando el costo de interacción cara a cara logre reducirse al nivel que bajo el costo de ideas surgirá la Globalización 4.0 la cual implica al patrón de la digitalización el cual trasladará personas haciendo uso de la inteligencia remota (RI) lo cual podría disminuir el costo de la interacción face to face (Baldwin, 2019; Pomeranz, 2009; Lundvall y Borrás, 1998; Treber, Breig, Kentner, Häftner y Lanza (2019) y Monahan, 2006). Baldwin (2019) afirma que este cambio ya comienza a observarse; las organizaciones emplean personas y servicios de forma remota, se realizan cirugías remotamente, las organizaciones adquieren el recurso humano en el extranjero, se comienza a usar con mayor confianza plataformas virtuales denominadas tele migración (industria 4.0)²⁶.

Gerbert, Rülßmann, Waldner, Justus, Engel y Harnisch (2015) describen esta nueva era tecnológica de la información como el lugar de transformación de la manera como se diseña, se fabrica y se operan los productos y servicios. Ya Gerbert et al. (2015) avizoraba que la forma en la que se conectan e interactúan las personas y la maquinaria habilitaría que el sistema de producción fuera un 30% más veloz y un 25% más eficiente que antes, lo cual aumentará la personalización masiva a horizontes novedosos²⁷. Esta nueva forma de conectividad e interacción ha sido promovida por nueve avances tecnológicos esenciales: big data and analytics, robots autónomos, simulación, sistemas de integración horizontales y verticales, industria del internet de las cosas, ciber seguridad, la nube, fabricación aditiva, realidad aumentada (Gerbert et al., 2015 y Pradhan, 2019) (Ver tabla 2.2).

²⁶ Realidad virtual, inteligencia artificial, ciencia de los datos, digitalización, robotización, entre otros.

²⁷ Viene del concepto en inglés: “mass customization”, introducido por Davis (1987) el cual es la capacidad de una organización para producir de manera eficiente productos que cumplan con los deseos y necesidades de los consumidores de manera individual.

Tabla 2.2

Los pilares de la industria 4.0

<i>Avance tecnológico</i>	<i>Descripción</i>
<i>Big data and analytics</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Analiza grupos grandes de datos. - El análisis de datos viene a optimizar la calidad en producir, ahorrar energía y perfeccionar el servicio a la maquinaria.
<i>Robots autónomos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Instrumento para el apoyo de toma de decisiones en tiempo real. - Los robots están adquiriendo autonomía, flexibilidad y cooperación. - Los robots desarrollarán una interacción entre ellos y trabajarán de manera segura al lado de humanos.
<i>Simulación</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de la simulación en tercera dimensión (3d) de productos, materiales y procesos de producción. - La simulación será usada de forma más extensa en operaciones de la planta (Ingeniería). - La simulación se valdrá de los datos en tiempo real con el objetivo de expresar el contexto físico en un modelo virtual que podrá contener productos, personas y maquinaria.
<i>Sistemas de integración horizontales y verticales</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Las organizaciones de todo tipo, sus funciones, áreas y capacidades tienen una mayor conexión al momento que la red de integración de datos en conjunto con las organizaciones evolucionen para crear cadenas de valor automatizadas.
<i>Industria del internet de las cosas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Representa una red de dispositivos conectados por medio de las tecnologías de comunicación para crear sistemas que buscan monitorear, recopilar, intercambiar y analizar datos. - Transmisión de información de valor que cede a las organizaciones la toma de decisiones de forma más rápida y precisa.
<i>Ciber seguridad</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnología para mantener actualizadas las normativas, regulaciones o reglas y para evitar delitos informáticos.
<i>La nube</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Red de servidores remotos distribuidos globalmente conectados con el fin de operar en un solo ecosistema. - La red de servidores se ha diseñado para el almacenamiento de datos y su administración. A través de ellos es posible conferir contenidos o servicios como videos, correo electrónico, redes sociales, así como hospedar programa, software y ser ejecutados de manera remota.
<i>Fabricación aditiva</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnología que construye objetos en 3D a través de adicionar diferentes capas de un cierto material como puede ser plásticos, metal, concreto e incluso tejido humano.
<i>Realidad aumentada</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Uso para construir prototipos o crear productos individuales. - Interactividad que incorpora la mezcla de componentes digitales, con el objetivo de tomar la realidad circundante agregando contenido virtual.

Fuente: Pradhan (2019, p.50-51) y Gerbert, Rübmann, Waldner, Justus, Engel y Harnisch (2015, p.3-7).

La tabla 2.2 viene a respaldar lo sugerido por Pomeranz (2009), Forschungsunion Wirtschaft–Wissenschaft (2013), Gerbert et al. (2015), Matínes (2018), Baldwin (2016, 2019) y Treber et al. (2019) acerca de que el patrón tecnológico de la digitalización se está haciendo cada vez más evidente en el entretejido social, económico, ambiental y cultural a

través de la codificación y de la recombinación de diversos avances tecnológicos. Aunque esta recombinación de tecnología tiene su imperativo en la producción de intangibles, genera un proceso paralelo de difusión cuya evolución se puede identificar con más precisión en los ecosistemas de innovación. Con respecto a esto, en los reportes de Benitez, Ayala y Frank (2020) se muestra como en ciertos ecosistemas de innovación muchas de las empresas superaron la estrategia de innovación basada en los fondos de innovación y avanzaron hacia la solución conjunta de soluciones de la industria 4.0 y posteriormente alcanzaron soluciones más inteligentes. El intercambio de relaciones entre los actores de innovación está basado en la co-creación como espacio de intercambio de conocimientos. Aquí la difusión de la innovación cobra relevancia, dado que la información se transforma en un mecanismo para el desarrollo de la capacidad innovativa.

Una aproximación de los elementos prácticos

Tomando como referencia los aportes de Gubbi, Buyya, Marusic y Palaniswami (2013), Bárcena, Prado, Cimoli y Pérez (2016), Valenduc (2018) y la OCDE (2017) la economía de todo el mundo actualmente está inmersa en un proceso de transformación tecnológica que ha llevado a un reordenamiento de los países respecto a las nuevas características del entorno como la transformación de la actividad económica encausada por el procesamiento de los datos, la irrelevancia geográfica y el papel preponderante de las plataformas digitales – digitalización transformativa²⁸ –.

²⁸ El Foro Económico Mundial del 2015 efectuado en Davos Suiza fue un escenario donde se intercambiaron informes sobre las consecuencias de la digitalización en los trabajadores, su impacto, inclusión, entre otros aspectos (Industrial Global Union, 2017).

Bárcena, Prado, Cimoli y Pérez (2016) afirman que este siglo está viviendo la manufactura avanzada donde confluyen un mundo digital y físico en el cual el hardware se conjuga con el software, los sensores y análisis del big data dando como resultados procesos y productos inteligentes que brindan al consumidor, proveedor y fabricante una mejor interacción. El internet de las cosas²⁹, por ejemplo, es considerado como una de las transformaciones más significativas para la economía global, pues conlleva a innovaciones disruptivas en todos los ámbitos, permitiendo que los límites entre industria y mercado se transformen velozmente por el surgimiento de productos inteligentes y regímenes productivos basados en el ciber espacio físico (Gubbi et al., 2013).

Pero, además es muy difícil encontrar hoy en día alguna empresa o industria que no forme parte de las redes de producción global y que no desarrollen relaciones con diversos proveedores y clientes (Treber et al., 2019). La digitalización ha abierto una oportunidad para el rendimiento operativo de los empresarios (Treber et al., 2019).

Este escenario ha provocado que organizaciones del sistema internacional como la OCDE, ONU, UNESCO, CEPAL, entre otras, hayan concentrado sus esfuerzos en desarrollar políticas globales, regionales y locales para que los gobiernos puedan aprovechar las oportunidades de la digitalización y promover políticas de innovación al sector empresarial, académico y de investigación, pero también para mejorar el rendimiento de la acción gubernamental en las propias instituciones del Estado³⁰ (OCDE, 2017). Muy específicamente

²⁹ Gubbi, Buyya, Marusic Palaniswami (2013) refieren que el Internet de las cosas (IoT) es un sistema de dispositivos informáticos interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que cuentan con identificadores únicos (UID) y la capacidad de transferir datos a través de una red sin necesidad de personal Interacción humana o humana a computadora.

³⁰ Para el caso de América Latina se pueden ver propuestas de instituciones como el Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (CLAD), quien propone la Carta Iberoamericana de Innovación para el Sector Público.

la OCDE a través de las agendas globales³¹ desarrolla una variedad de acciones para aprovechar la digitalización en el desarrollo económico, la inclusión social y el desarrollo sostenible (OCDE, 2017). Es evidente que son pocos los espacios y aspectos de la actividad humana que son inmunes a la dinámica de la digitalización.

Going Digital iniciativa liderada por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo UNCTAD desde el 2017 provee a los países y sus gobiernos de instrumentos necesarios para auxiliar a la economía y a la sociedad a prosperar en un escenario global digital sustentado en la generación y uso de los datos (UNCTAD, 2017). A esta iniciativa se une una de las agendas globales con mayor influencia en la formulación de las políticas gubernamentales a escala global, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible; que de acuerdo a la UNCTAD muestra el escenario tanto de desafíos como oportunidades para los países en desarrollo (UNCTAD, 2017). El informe de la UNCTAD (2017) sugiere que aún cuando la evolución de la digitalización difiere en todos los países a escala global, ello no debiera ser un impedimento para que puedan adaptarse y desarrollar políticas entorno a la digitalización.

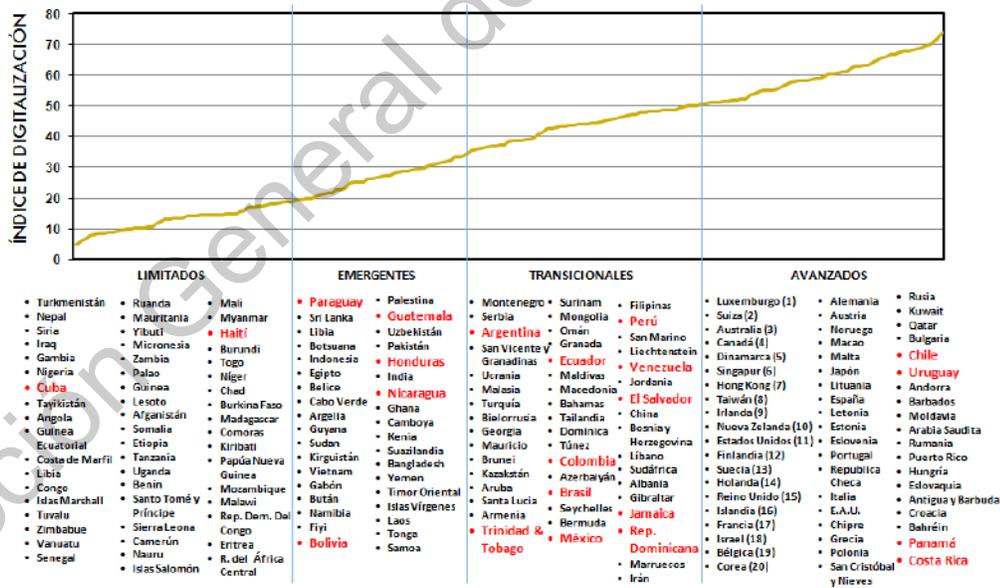
Son numerosas las iniciativas globales que se han creado para abordar a la digitalización, no obstante, y tal como lo han afirmado Bárcena, Prado, Cimoli y Pérez (2016) y Degryse (2016) el poder coordinar las estrategias digitales con los gobiernos y monitorear su desarrollo representa un desafío significativo.

³¹ Los esfuerzos recientes de la OCDE (2017) para crear estrategias ante el inminente patrón digital han sido plasmados en las denominadas cumbres del G7 y las Reuniones Ministeriales de la OCDE y G20 en el año 2017, debido a estas acciones la digitalización se encuentra hasta la actualidad sólidamente enraizada en las agendas mundiales.

A través de las Estrategias Nacionales Digitales (En inglés: National Digital Strategy), se puede observar un crecimiento irregular de la digitalización en cuanto a países, empresas, instituciones e individuos (Katz y Callorda, 2015). Esto permite aproximarse al grado de complejidad que significa medir la digitalización para formular políticas y determinar necesidades de intervención, habilitar la adopción y uso en innovaciones tecnológicas y evaluar la eficiencia y eficacia de las políticas públicas en materia de ciencia y tecnología.

Como una de las referencias de gran valor cualitativo y cuantitativo son los aportes de Katz y Callorda (2015) en donde analizan las variables de análisis seleccionadas del Índice de Digitalización Mundial (Ver figura 2.3).

Figura 2.3 Índice de digitalización mundial



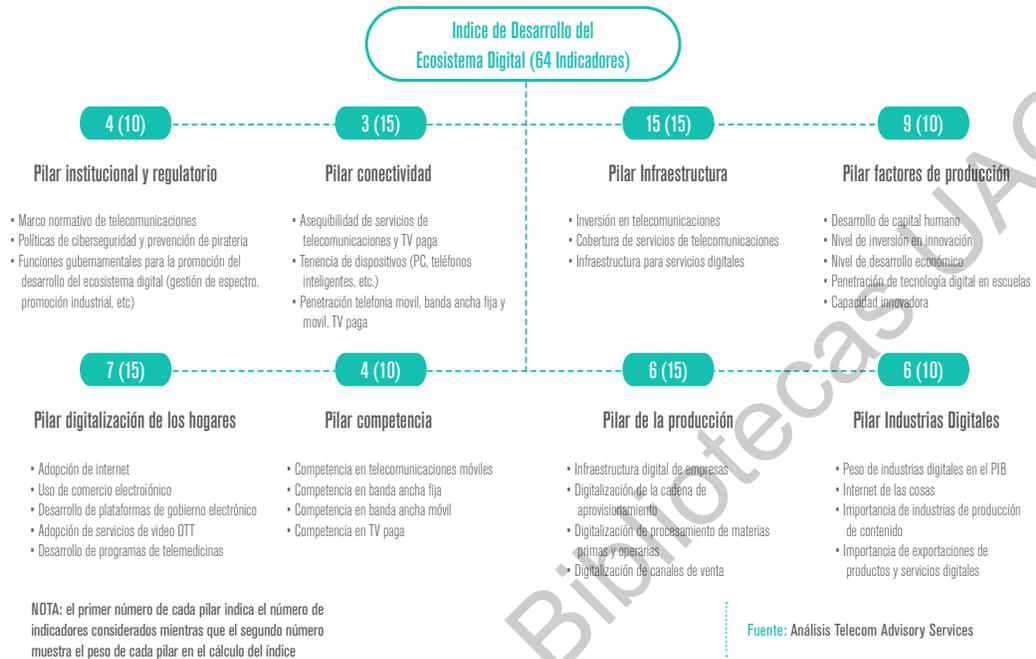
Fuente: Extraída de Katz y Callorda (2015, p.207).

Para Katz y Callorda (2015) el índice de digitalización lo componen seis elementos: asequibilidad, confiabilidad en las redes, accesibilidad, capacidad, utilización y capital humano³². El crecimiento de la digitalización global se puede medir a través de cuatro fases: países avanzados, transicionales, emergentes y limitados. De acuerdo a la figura 2.3, los países de color rojo corresponden a América Latina. Para el caso de México, por ejemplo, se define una fase transicional de la digitalización (Katz y Callorda, 2015). Superar dicha fase depende de la ampliación de la confianza de las redes de telecomunicaciones, aumento de forma significativa los recursos humanos, mayor uso de plataformas digitales, y aumento de la capacidad instalada de las redes (Katz y Callorda, 2015).

Con los aportes de Katz y Callorda (2015) y los datos suministrados por Telecom Advisory Services LLC (2017) se puede adelantar que la digitalización en el contexto de la medición presenta numerosas implicaciones socioculturales y económicas. Estas no pueden observarse fácilmente. No obstante, es posible visualizar una línea orientadora y es la de la productividad vista de forma sistémica con la integración de ocho (8) variables o pilares: pilar institucional y regulatorio, pilar de conectividad, pilar de infraestructura, pilar de factores de producción, pilar de digitalización de los hogares, pilar de competencia, pilar de la producción y pilar de industrias digitales (Services LLC, 2017) (Ver figura 2.4).

³² Para saber más sobre cómo se determina el índice consultar a Katz, R., Koutroumpis, P. y Callorda, F. "Using a Digitization index to measure economic and social impact of digital agendas", Info, January 2014.

Figura 2.4 Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital (2015)



Fuente: Telecom Advisory Services LLC (2017, p.174).

Profundizando un poco más sobre la medición de la digitalización están los aportes del G20 (2018). Esta organización internacional desarrolla una metodología de alrededor de 30 indicadores para la economía digital, que permiten también monitorear su transformación, la detección de brechas digitales y evaluar el tamaño y penetración de las plataformas digitales (Ver tabla 2.3).

Tabla 2.3

Herramientas para medir la economía digital

Dimensión	Indicadores
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión en banda ancha • Auge de la banda ancha móvil • Velocidad de Internet • Precios de la conectividad • Infraestructura para Internet de las Cosas • Infraestructura de servidores seguros • Acceso de los hogares a las computadoras • Acceso de los hogares a Internet
Empoderando a la sociedad	<ul style="list-style-type: none"> • Nativos digitales (persona que ha crecido en la era digital) • Reducción de la brecha digital • Uso de Internet por parte de las personas • Consumidores electrónicos • Dinero móvil • Ciudadanos interactuando con gobierno • Educación en la era digital • Personas con habilidades en TIC
Innovación y adopción de tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación en aprendizaje automático • Tecnologías relacionadas con la IA • Robotización en la fabricación • I + D en industrias de la información • Apoyo a la I + D empresarial • Innovaciones relacionadas con las TIC • Uso de las TIC por parte de las empresas • Servicios de computación en la nube
Empleos, habilidades y crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Empleos en las industrias de la información • Empleos en ocupaciones de TIC • Trabajadores de las TIC por género • Comercio electrónico • Valor agregado en las industrias de la información • Generalización de las TIC • Inversión en TIC • TIC y crecimiento de la productividad • TIC y cadenas de valor globales • Empleo en comercio y TIC • Bienes de TIC como porcentaje de comercio de mercancías • Telecomunicaciones, informática, y servicios de información como porcentaje del comercio de servicios

Fuente: OCDE (2020) y G20 (2018).

Los indicadores están divididos en cuatro dimensiones acordes con el objetivo de medición (OCDE, 2020 y G20, 2018). La dimensión de infraestructura considera fundamentalmente el progreso de la infraestructura física, de servicios y de seguridad

subyacentes a digitalización (OCDE, 2020 y G20, 2018). La dimensión de empoderamiento de la sociedad monitorea el rol progresivo de la economía digital en la vida de las personas, la forma en cómo conviven y hacen uso de las tecnologías digitales, así como las habilidades con las que cuentan para aprovechar su potencial (OCDE, 2020 y G20, 2018). La dimensión de innovación y adopción de tecnología considera la innovación emergente en tecnologías digitales y modelos de negocio novedosos (OCDE, 2020 y G20, 2018). Finalmente, está la dimensión de empleos, habilidades y crecimiento; la cual analiza la manera en que la tecnología digital favorece al desarrollo de la economía, la creación de empleo y las habilidades que serán requeridas por la transformación digital (OCDE, 2020 y G20, 2018).

Otra aproximación no menos importante en el ámbito de los componentes prácticos de la digitalización es el Índice de Economía y Sociedad Digitales (DESI) creado por la Comisión Europea (2020) (Ver Tabla 2.4).

Tabla 2.4

Herramientas para medir la economía digital DESI

Dimensión	Descripción
Conectividad	Abastecimiento de banda ancha fija, cobertura de banda ancha fija, banda ancha móvil y precios de banda ancha.
Capital humano	Uso de internet, competencias digitales básicas y avanzadas.
Uso de internet	Uso de servicios de Internet y transacciones en línea por parte de los ciudadanos.
Integración de tecnología digital	Digitalización empresarial y comercio electrónico.
Servicios públicos digitales	Gobierno electrónico.

Fuente: Comisión Europea (2020).

El Índice de Economía y Sociedad Digitales (DESI) vigila el desempeño digital de Europa y rastrea el avance de los países de la UE en competitividad digital; proporciona datos sobre

el estado de la digitalización de cada Estado miembro y les ayuda a identificar áreas que requieren inversiones y acciones prioritarias (Comisión Europea, 2020).

De acuerdo a este conjunto de metodologías globales para medir la digitalización se puede observar que el conjunto de indicadores y variables están fuertemente orientados a la creación de infraestructura digital y a la adaptación de la sociedad al uso de la información. En otros casos como son las metodologías utilizadas por el G20 (2018) y la Comisión Europea (2020) existe además de lo anterior una mayor orientación hacia el beneficio económico de la transformación digital. No obstante, aun cuando los países industrializados y los países europeos poseen importantes capacidades de innovación en el campo de la digitalización y aun cuando los actores de innovación al interno de estos países interactúan de forma intensa, no se percibe en las metodologías de medición indicadores relacionados con la organización de los actores de innovación para la adaptación de la digitalización. Esto podría significar que las estrategias y acciones de políticas públicas para la digitalización es altamente especializada en el uso de la información y menos en la generación de nueva información y difusión de la innovación³³.

2.2.3 COVID-19 y el carácter dominante global de la digitalización

La aparición de la pandemia COVID-19 ha reafirmado muchas de las conclusiones que sobre la digitalización se habían formulado. Por ejemplo, la pandemia ha reivindicado las posiciones académicas de expertos como Conceição y Heitor (2011), Valenduc (2018) y Pérez (2010), quienes han hecho consideración sobre las características que posee el cambio tecnológico en el contexto de la digitalización; y que al igual que Uşaklıoğlu (2020) y

³³ Sobre esto se profundiza cuando se analiza el ecosistema digital en el apartado 2.2.5 Dinámica de la digitalización en México: Una aproximación contextual del entorno de la innovación.

Kurzweil (2012) identifican la “aceleración” como uno de sus elementos característicos que no tienen comparación con paradigmas tecnológicos anteriores.

La digitalización ha impregnado más aceleradamente el entretejido económico, social, ambiental, cultural y político; y ha generado entre otras cosas, mayores modificaciones en las estructuras laborales, productivas y de mercado. De manera que, la digitalización no se considera ya una opción, sino más bien, se constituye en un paradigma tecnológico posmoderno (Valenduc, 2018 y Uşaklıoğlu, 2020).

A partir de los trabajos de Katz y Callorda (2020), Agudelo, Chomali, Suniaga, Núñez, Gordán, Rojas y Callorda (2020), Telecom Advisory Services LLC, T. (2017) y el Observatorio CAF del Ecosistema Digital se ha establecido el concepto de “resiliencia digital” ante el COVID-19, entendiendo este como el grado de adopción digital con el que un país cuenta para enfrentar la pandemia en tres vertientes: hogar, Estado y producción (Katz y Callorda, 2020 y Agudelo et al. 2020). La tabla 2.5 muestra los índices actuales de “resiliencia digital” por país en América Latina.

Tabla 2.5

Índices³⁴ de Resiliencia Digital ante el COVID-19

<i>País</i>	<i>Índice Resiliencia del Hogar</i>	<i>Índice Resiliencia del Estado</i>	<i>Índice Resiliencia de Producción</i>
<i>Argentina</i>	33.87	41.88	No se especifica
<i>Bolivia</i>	6.23	25.97	No se especifica
<i>Brasil</i>	40.59	41.64	No se especifica
<i>Chile</i>	41.14	54.98	No se especifica
<i>Colombia</i>	31.69	41.53	No se especifica

³⁴ Partiendo de Katz y Callorda (2020) y Agudelo et al. (2020) los índices se consideran en escala de 1 a 100 donde un índice por debajo de 40 es limitado, de 40 a 59 es intermedio y de 60 en adelante avanzado.

<i>País</i>	<i>Índice Resiliencia del Hogar</i>	<i>Índice Resiliencia del Estado</i>	<i>Índice Resiliencia de Producción</i>
<i>Rep. Dominicana</i>	16.38	30.25	No se especifica
<i>Ecuador</i>	11.53	39.13	No se especifica
<i>El Salvador</i>	12.78	26.85	No se especifica
<i>Guatemala</i>	8.7	21.16	No se especifica
<i>México</i>	25.63	43.55	No se especifica
<i>Panamá</i>	28.63	39.85	No se especifica
<i>Paraguay</i>	16.9	30.47	No se especifica
<i>Perú</i>	23.33	37.36	No se especifica
<i>América Latina</i>	30.7	40.36	No se especifica
<i>OCDE</i>	53.78	66.17	No se especifica

Fuente: Katz y Callorda (2020) y Agudelo et al. (2020)³⁵.

La tabla 2.5 muestra que Brasil y Chile son los países en Latinoamérica con un mayor nivel de adopción digital para hacer frente a la pandemia, en la figura 2.3 ya se reconocía en el año 2015 a Brasil como un país con un índice avanzado de digitalización y a Chile como un país en transición a un índice digital avanzado. En lo que respecta a México la tabla 2.5 evidencia una disparidad entre la adopción digital en el hogar (25.63) respecto al Estado (43.55). La adopción digital del hogar es significativamente menor a la del Estado, esto se puede deber a la dificultad económica de la población mexicana para acceder a servicios de internet y dispositivos digitales.

Otro aspecto importante que muestra la tabla 2.5 es la omisión del Índice de Resiliencia de Producción, por tanto, se presenta a continuación estos datos utilizando el modelo

³⁵ Tanto la base de datos del Observatorio CAF del Ecosistema Digital como en los trabajos de Katz y Callorda (2020) y Agudelo et al. (2020) no se especifica un Índice de Resiliencia de Producción.

ARIMA³⁶ (Ver tabla 2.6). Seguidamente se observa el comportamiento que guardan dichos índices entre México, América Latina y los países de la OCDE (Ver Figura 2.5).

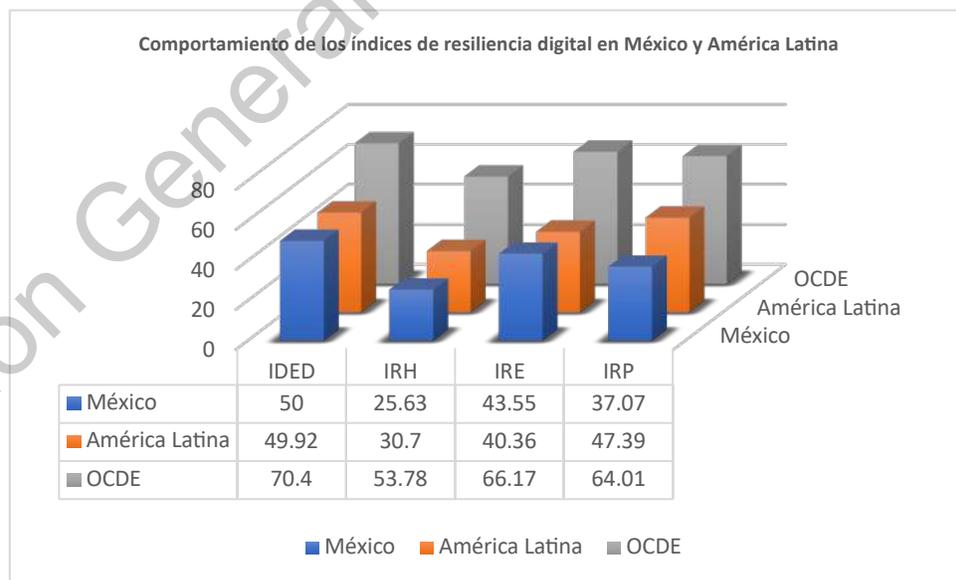
Tabla 2.6

Índices de Resiliencia Digital de Producción pronosticado ante el COVID-19

País, Región, Organización	Índice Resiliencia del Hogar	Índice Resiliencia del Estado	Índice Resiliencia de Producción
México	25.63	43.55	37.07
América Latina	30.7	40.36	47.39
OCDE	53.78	66.17	64.01

Fuente: Elaboración propia utilizando datos de Katz y Callorda (2020) y Agudelo et al. (2020).

Figura 2.5 Comportamiento de los índices de resiliencia digital en México y América Latina



Fuente: elaboración propia.

³⁶ ARIMA es un acrónimo que significa media móvil integrada autorregresiva. Es una clase de modelo que captura un conjunto de diferentes estructuras temporales estándar en datos de series de tiempo (Hyndman y Athanasopoulos, 2018).

La figura 2.5 muestra el comportamiento de los índices de resiliencia digital en México y América Latina respecto a los países de la OCDE, donde se puede apreciar que para el caso de México el Índice de Resiliencia del Hogar es de 25.43 refiriéndose a un nivel digital limitado para realizar las actividades cotidianas y laborales desde el hogar ante la actual crisis del COVID-19 (Katz y Callorda, 2020 y Agudelo et al., 2020). El nivel de resiliencia productivo es de 37.07 presentando un nivel limitado para conservar la operación económica ante la disrupción digital traída por el COVID-19. Finalmente, el índice de resiliencia de Estado presenta un nivel intermedio de 43.55 para dar continuidad a procesos administrativos, servicios públicos y desarrollar estrategias ante los desafíos digitales del COVID-19.

Tanto los índices de resiliencia productiva como el de resiliencia del Estado se conciben como índices intermedios, mientras que el del hogar es limitado, mostrando una brecha tecnológica digital frente a los países de la OCDE que presentan niveles avanzados de resiliencia productiva y de Estado e intermedios en el hogar (Katz y Callorda, 2020 y Agudelo et al., 2020).

Esta breve descripción sobre resiliencia digital en América Latina corrobora que la digitalización se ha acelerado por el uso exponencial que se le ha dado en toda la estructura política, económica y social. Por consiguiente, se hace válida el planteamiento desarrollado por Kurzweil (2005) sobre la “La Ley de rendimientos Acelerados”³⁷. Esta ley plantea como premisa que la digitalización se ha impregnado muy rápidamente en el entretejido económico, social, ambiental, cultural y político a escala global y ha generado mayores

³⁷ La Ley de Rendimientos Acelerados se explicará con mayor profundidad en el capítulo 3.

modificaciones en las estructuras laborales, productivas y de mercado. De este planteamiento se infiere que la digitalización no es una opción de la sociedad, sino más bien, esta se constituye en un paradigma tecnológico posmoderno que requiere de adaptación rápida (Valenduc, 2018 y Uşaklıoğlu, 2020).

El conjunto de reportes sobre el comportamiento de la digitalización en el contexto de la pandemia COVID-19 (Uşaklıoğlu, 2020; Katz y Callorda, 2020; Kurzweil, 2012; Brynjolfsson y McAfee, 2015 y Agudelo et al., 2020), permiten identificar algunas premisas para una aproximación sobre la digitalización como patrón tecnológico dominante (Ver figura 2.6).

Figura 2.6 Premisas aproximativas sobre la digitalización como patrón tecnológico dominante



Fuente: elaboración propia.

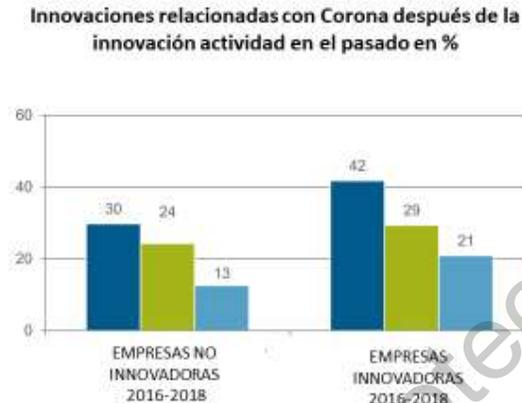
El conjunto de premisas presentadas son el producto de un ejercicio de interpretación de la literatura sobre el tema de los aspectos que se destacan sobre la digitalización como

expresión del cambio tecnológico actual. Es importante destacar que el conjunto de elementos identificados han sido constitutivos de la digitalización como patrón tecnológico antes y durante la pandemia, lo que ha ocurrido es que con la presencia del COVID-19 la digitalización se ha radicalizado en el contexto de la demanda y uso de la información, generando formas muy dinámicas de innovación como por ejemplo la innovación disruptiva, nuevos modelos de negocio, la innovación ad hoc (Aprovechamiento de capacidades innovativas)³⁸.

De acuerdo a un muy reciente reporte (Zimmermann, 2020) sobre las innovaciones en la crisis del COVID-19 en Alemania, las empresas utilizan la digitalización para innovar de forma más a menudo. Aquí es importante resaltar el papel de las innovaciones de procesos y las innovaciones en los modelos de negocio. Esto probablemente confirma que la digitalización permite utilizar la capacidad innovativa propia de las empresas con mayor rapidez y flexibilidad para poder adaptarse a las nuevas condiciones de mercado. Este comportamiento reconfirma la fuerza de resiliencia de las empresas en el contexto de la crisis (Ver figura 2.7).

³⁸ El conjunto de estas premisas es considerado en el capítulo 3 y las conclusiones, cuando se analiza el comportamiento de estos elementos en el contexto del SNI en los países industrializados y los países en vías de desarrollo.

Figura 2.7 Innovaciones relacionadas con el COVID-19 después de la actividad de innovación en el pasado en %



Fuente: Zimmermann (2020).

En concordancia con lo anterior lo que el COVID-19 en el contexto de la digitalización está promoviendo es: 1) desarrollo de modelos individuales y colectivos de negocio; 2) centralización y mayor aprovechamiento de las redes; 3) innovación como proceso adaptativo; 4) mayor desarrollo de la capacidad científica digital; 5) digitalización no como necesidad sino como instrumento elemental de la gestión de innovación; 6) desarrollo de la creatividad para la innovación Ad hoc; 7) software Business schneller entwickeln; 8) todas las empresas tienen oportunidad de innovar; 9) más diálogo entre los actores de innovación; y 10) mayor inversión de capital de riesgo.

2.2.4 La universidad como entidad de innovación: Hacia una valoración teórica de su relación con la dinámica de la digitalización

Ordov, Madiyarova, Ermilov, Tovma y Murzagulova (2019) mencionan a la economía digital como impulsora disruptiva de tecnologías que marcan tendencias obligando a todo tipo de organizaciones a su evolución tecnológica considerando como elementos clave: eficiencia efectividad y agilidad. De manera que, en la actualidad, la digitalización en el

ámbito educativo es una prioridad de desarrollo estratégico en muchos países (Ordov et al., 2019).

Las prácticas de tecnología digital afectan no solo el proceso de aprendizaje, también la modernización de la actividad de gestión e investigación (Ordov et al., 2019). Son diversos los enfoques que marcan tendencias en el ámbito educativo digital, sin embargo, el desafío es el de conectar la transformación digital con la capacidad innovativa de las universidades. La tabla 2.7 muestra siete tendencias propuestas por ICEMD-ESIC (2018) de la economía digital en el ámbito educativo.

Tabla 2.7

Tendencias digitales educativas

Tendencias	Descripción
Educación Inmersiva	Se integra la realidad virtual permitiendo al educando experimentar, viajar en el tiempo a lugares y eventos históricos, presenciar prácticas de diferentes disciplinas sin salir del aula.
Futuro es híbrido	Punto donde convergen espacios tradicionales y virtuales: aprendizajes combinados (blended learning) y aula invertida (flipped classroom).
Escuela de nueva generación	El concepto clave es el aprendizaje global, el cual permite a educandos y docentes aprovechar la tecnología y crear redes de colaboración con sus pares globales. El Big Data e Inteligencia Artificial se integran también.
Tech-Learning	Integración del Blockchain a la educación. También se incorpora el STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). El aprendizaje de código es la principal tendencia en EdTech en las jóvenes generaciones.
Learning for the future	Uso de la robótica, la automatización y la inteligencia artificial para transformar los sistemas de aprendizaje permanente.
World Wide Learning (WWL)	Apuesta por la integración y la visibilidad de la diversidad, tanto en relación a innovaciones relacionadas con aprendizaje inclusivo, como en la mayor conciencia de la falta de alcance de la digitalización en comunidades y países más desfavorecidos.
Transformación digital en la administración educativa	A través del Blockchain se transforma el sistema educativo (Certificación de títulos y diplomas, privacidad y seguridad de los datos de los alumnos, entre otros).

Fuente: ICEMD-ESIC (2018).

Tomando como referencia estas tendencias, la digitalización en la universidad está influenciada por estas transformaciones digitales que además influyen en el mercado laboral,

en los estándares educativos, en el desarrollo de nuevas competencias y en la capacidad innovativa institucional (Bilyalova, Salimova y Zelenina, 2019).

Una referencia internacional sobre la dinámica de la transformación digital en la universidad lo presenta la Comisión de Expertos para la Investigación e Innovación (EFI) de Alemania a través del “EFI-Report 2019” (EFI, 2019)³⁹. Allí la digitalización figura cómo un patrón tecnológico que está generando transformaciones en el conjunto de universidades públicas y privadas en el campo de la enseñanza, la I+D y la innovación en todas las regiones de Alemania, y al mismo tiempo se observa como la universidad se conforma en actor de innovación elemental para reimpulsar la interacción con el resto de los actores del SNI (Estrada et al., 2016).

Esto quiere decir que en Alemania⁴⁰, la universidad podría estar posicionándose como sede principal de la innovación en digitalización con respecto al resto de los actores; desarrollando capacidades para proveer educación e I+D en un entorno de la economía cada vez más digitalizado y más complejo como lo es la Industria 4.0 (EFI, 2019).

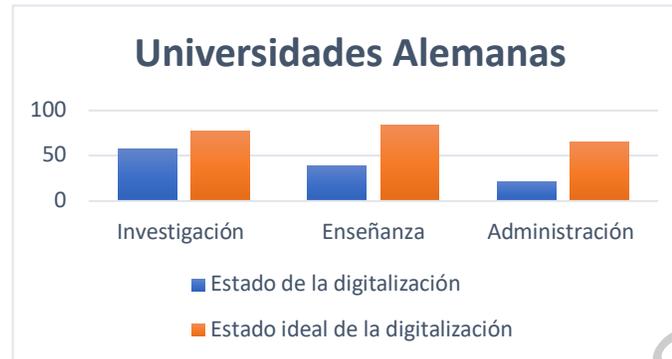
De acuerdo al “EFI-Report” (2019) la digitalización ha venido incrementándose en la universidad fundamentalmente en tres áreas: I+D, enseñanza y administración. De manera comparativa la I+D presenta una mejor posición respecto a las otras áreas, siendo la administración⁴¹ el área con menor aceleración (Ver figura 2.8).

³⁹ Estos datos se refieren al comportamiento de las universidades alemanas antes de la pandemia COVID-19.

⁴⁰ Alemania es la segunda economía de innovación más fuerte a nivel mundial de acuerdo con el Bloomberg Innovation Index: Ver en: <https://www.bloomberg.com/news/terminal/PLJD1IDWRGG1E1>. El Índice Internacional de Innovación es un índice global que mide el nivel de innovación de un país, producido conjuntamente por The Boston Consulting Group (BCG), la Asociación Nacional de Fabricantes (NAM) y The Manufacturing Institute (MI).

⁴¹ Se aplica en particular a los procesos administrativos no directamente relacionados con la enseñanza (EFI-Report, 2019).

Figura 2.8 Importancia de la digitalización y el estado de digitalización en universidades alemanas



Fuente: EFI (2019, p92).

La figura 2.8 muestra la importancia conferida a la actividad de I+D de la universidad a la digitalización y no es una casualidad que sea justamente esta actividad la que tenga mayor relevancia, debido a que la posición actual de Alemania en el campo de la innovación está sustentada básicamente en su capacidad de proveer I+D en áreas vinculadas a las nuevas tecnologías y entre ellas las tecnologías de información (Ver tabla 2.8). De igual manera el EFI-Report (2019) muestra la posición de Alemania respecto al resto de los países más innovadores (Ver Tabla 2.9).

Tabla 2.8.

2020 Bloomberg Innovation Index

2020 Bloomberg Innovation Index

2020 Rank	2019 Rank	YoY Change	Economy	Total Score	R&D Intensity	Manufacturing Value-added	Productivity	High-tech Density	Tertiary Efficiency	Research or Concentration	Patent Activity
1	2	+1	Germany	88.21	8	4	18	3	26	11	3
2	1	-1	S. Korea	88.16	2	3	29	4	16	5	11
3	6	+3	Singapore	87.01	12	2	4	17	1	13	5
4	4	0	Switzerland	86.67	3	6	14	10	17	3	19
5	7	+2	Sweden	85.50	4	16	19	7	13	7	18
6	5	-1	Israel	85.03	1	31	15	5	32	2	7
7	3	-4	Finland	84.00	10	15	9	14	24	9	10
8	11	+3	Denmark	83.22	7	24	6	8	31	1	24
9	8	-1	U.S.	83.17	9	27	12	1	47	29	1
10	10	0	France	82.75	13	39	16	2	20	17	8
11	12	+1	Austria	82.40	6	11	13	19	12	8	16
12	9	-3	Japan	82.31	5	5	35	9	30	16	12
13	15	+2	Netherlands	81.28	17	28	17	6	36	12	14
14	13	-1	Belgium	79.93	11	25	11	13	49	14	13
15	16	+1	China	78.80	15	14	47	11	5	39	2
16	14	-2	Ireland	78.65	34	1	1	12	39	20	34
17	17	0	Norway	76.93	16	51	5	20	10	10	22
18	18	0	U.K.	76.03	21	44	27	15	6	19	21
19	21	+2	Italy	75.76	24	23	21	16	33	25	20
20	19	-1	Australia	74.13	18	55	8	21	15	31	6
21	31	+10	Slovenia	73.93	19	8	20	40	14	15	26
22	20	-2	Canada	73.11	22	35	26	26	35	21	9

Fuente: Bloomberg International Labor Organization, International Monetary Fund, World Bank, Organization for Economic, Cooperation and Development, World Intellectual Property Organization, United Nation Educational Scientific and Cultural Organization, 2020

Tabla 2.9

Intensidad de I + D en países seleccionados de la OCDE y China 2007-2017 como porcentajes

Land	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017*
China	1,37	1,44	1,66	1,71	1,78	1,91	1,99	2,02	2,06	2,11	-
Deutschland	2,45	2,60	2,73	2,71	2,80	2,87	2,82	2,87	2,92	2,93	3,02
Frankreich	2,02	2,06	2,21	2,18	2,19	2,23	2,24	2,28	2,27	2,25	2,19
Großbritannien	1,63	1,63	1,69	1,67	1,67	1,60	1,65	1,67	1,67	1,69	1,67
Japan	3,34	3,34	3,23	3,14	3,24	3,21	3,31	3,40	3,28	3,14	-
Schweden	3,26	3,50	3,45	3,22	3,25	3,28	3,31	3,15	3,27	3,25	3,33
Schweiz	2,72	2,73	2,79	2,85	2,91	3,19	3,21	3,24	3,37	-	-
Südkorea	3,00	3,12	3,29	3,47	3,74	4,03	4,15	4,29	4,22	4,23	-
USA	2,63	2,77	2,82	2,74	2,77	2,69	2,72	2,73	2,74	2,74	-

Fuente: OECD, EUROSTAT, 2019. Datos provenientes del EFI-Report, 2019.

Detrás de lo que muestra la figura 2.8 el 14% de las universidades participantes en la encuesta han desarrollado por lo menos una estrategia de digitalización de impacto, otro 41% han afirmado que la están desarrollando y un 31% planean hacerlo. La estrategia de digitalización que se concibe en la encuesta parte de la concepción de que la digitalización sería un instrumento para aumentar la calidad y eficiencia de la administración universitaria, la enseñanza, la I+D y su entorno con los actores de innovación.

Aun cuando los indicadores de las universidades alemanas sean prometedores el desarrollo alcanzado hasta ahora en comparación con las empresas, demuestra que las universidades presentan problemas relacionados con el retardo organizativo y otros factores vinculados con la eficiencia organizativa (EFI, 2019).

Otro ejemplo que muestra el avance de las universidades como actor relevante de la innovación en el contexto de la digitalización lo constituye las universidades estadounidenses. Mediante los trabajos de Foltz, Barham, Chavas y Kim (2012) donde se analizaron 92 universidades de EE. UU se observa un aumento continuo de la actividad de I+D, aumento del número de patentes académicas y una mayor comercialización de la I+D. Un contexto favorable de los resultados obtenidos en la encuesta se corresponde con la interacción de otros actores de innovación en la financiación de I+D que realizan las universidades (Foltz et al., 2012).

Tanto las experiencias de Alemania como la de los Estados Unidos permiten afirmar que la digitalización está ejerciendo efectos a escala global en la estrategia de innovación de la universidad. Las aportaciones de Monahan (2006), Area (2018) y Teece (2017) han dado cuenta de que las transformaciones a partir del desarrollo de las tecnologías de información han intensificado la estrategia de la universidad en el campo de la innovación, por lo que ello

significa la posibilidad de que la universidad se mantenga como actor primordial del SNI en lo que se refiere a la generación y uso de conocimiento.

Almaraz et al. (2017) menciona que la realidad de la universidad respecto a la digitalización es que cotidianamente la universidad afronta cambios coyunturales en materia tecnológica, que la direcciona hacia la renovación integral en todas las áreas de aprendizaje, investigación e innovación. En consecuencia, la universidad ha requerido automatizar procesos, experimentar nuevas formas de organización en la enseñanza y la I+D, organizar nuevos espacios y estrategias para el emprendimiento, entre muchos otros procesos.

Almaraz et al. (2017) propone siete dimensiones en la que la digitalización impacta en la universidad: 1) ciudad universitaria; 2) infraestructura de tecnologías de información y comunicación; 3) administración; 4) la docencia universitaria; 5) investigación y transferencia de conocimiento; 6) acción de marketing; y 7) comunicación institucional. La combinación de estas dimensiones como las personas, la estructura de funcionamiento y las estrategias es lo que permite visualizar a la universidad como una organización. Quiere decir esto, que solo con reconocimiento de la universidad como entidad de innovación (Cantner, 2018), no es posible comprender la relación de ella con el cambio tecnológico (la digitalización), si no se aborda antes como una organización (Xu et al., 2007; Schreyögg, 2016; Teece, 2017 y Yami et al., 2020).

Justamente esta visión ha marcado el punto de partida para comprender los cambios que vienen experimentando los actores de innovación en el contexto actual y muy particularmente desde la aparición de la pandemia COVID-19 (Zimmermann, 2020)⁴². A través de este

⁴² El reporte de Zimmermann (2020) describe los cambios organizativos que desarrollan los actores de innovación en Alemania. Aquí se observan diferentes direcciones de interacciones entre los actores que han generado mayor capacidad

reporte se observan cambios organizativos provocados por la dinámica actual de mercado, el cual por una parte ha sido afectado por la pandemia, pero por otra parte ha abierto nuevas oportunidades para la innovación.

Tomando como referencia la teoría de las organizaciones (Schreyögg, 2016) la universidad se comporta influenciada por el medio ambiente que la rodea, y está es lógicamente la primera aproximación teórica que permite ubicar a la universidad como actor de innovación frente a los cambios tecnológicos. El segundo elemento se refiere a que la universidad posee al igual que las empresas capacidades dinámicas (Teece y Pisano, 1994); desarrolla procesos organizativos y estrategias para posicionarse como actor de innovación y para eventualmente redirigirlas de acuerdo al contexto y dinámica de la innovación (Eisenhardt y Martin, 2000). Por lo tanto, las capacidades dinámicas se constituyen en un instrumento de transformación organizativa interno que permite abordar entornos altamente cambiantes como, por ejemplo, la digitalización (Teece y Pisano, 1997).

Esto significa que la innovación organizacional en la universidad estaría proporcionando un contexto estructural para adaptarse a la dinámica de la digitalización, pero la velocidad y coherencia de esta adaptación estaría determinada por la arquitectura organizativa de la universidad: personas, tecnología, procesos, estructura y estrategia. Si la estructura funciona de forma piramidal tradicional o altamente jerárquica, la velocidad de respuesta y el rendimiento innovador ante la dinámica de la digitalización será en consecuencia negativo (Schreyögg, 2016) y sí la estructura es flexible, horizontal y considera la estrategia de innovación como un proceso que puede ser generado desde la universidad por cualquier

innovativa a través de la creación de nuevos productos y servicios. Algunos indicios importantes sobre el rol de la actividad de I+D de las universidades pueden verse en este trabajo.

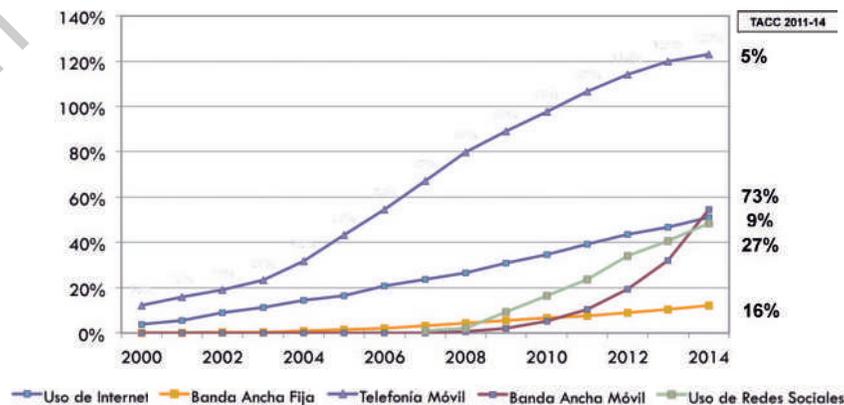
persona en cualquier momento, en todos los procesos y en interacción con cualquier actor, estaría por lo tanto generando el potencial para posicionarse frente a la dinámica del cambio tecnológico (Xu, Chen, Xie, Liu, Zheng y Wang, 2007).

2.2.5 Dinámica de la digitalización en México: Una aproximación contextual del entorno de la innovación

El contexto latinoamericano

Partiendo de Lugo et al. (2016) en América Latina al igual que en el resto de los otros continentes las transformaciones digitales imponen nuevos retos a los actores de innovación. Ninguno de estos actores es inmune a los cambios que está produciendo la digitalización. Algunas evidencias de estas transformaciones pueden observarse particularmente en la dinámica que vienen desarrollando las Tecnologías de Información y Comunicación (TICS) (Ver figura 2.9). Sobre esto Lugo et al. (2016) en su estudio sobre los entornos digitales menciona que las TICS en la región latinoamericana han mantenido un crecimiento continuo del acceso móvil a las plataformas digitales.

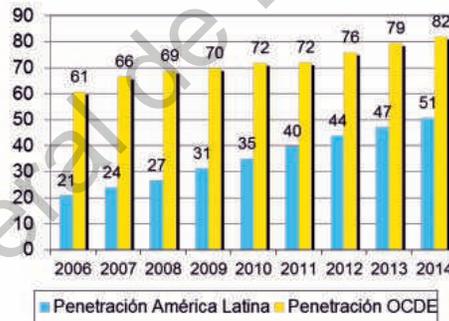
Figura 2.9 Penetración de las TIC en América Latina 2000 – 2012 % de población



Fuente: Imagen extraída de Lugo, M. T., Bedoya Rodríguez, R. F., Bercovich, N., Brechner, M., Cobo, C, Gvirtz, S., ... y Scuro Somma, L. (2016, p17).

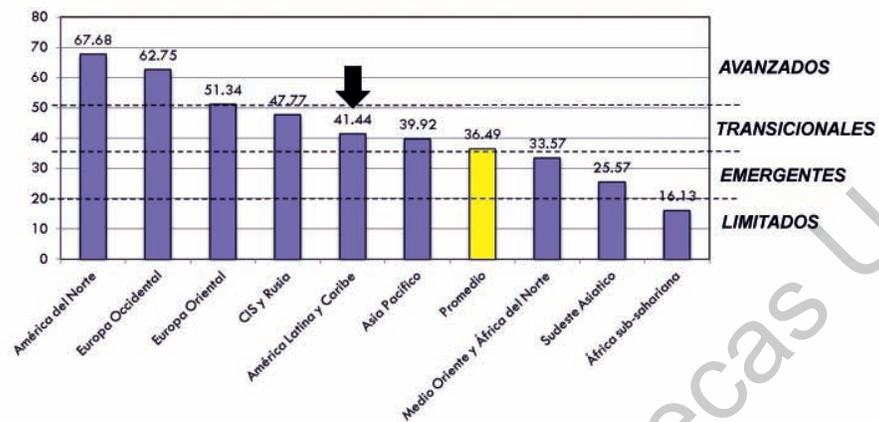
De acuerdo a la figura 2.9 el aumento continuo de la propagación de internet y banda ancha ha beneficiado en el crecimiento de la penetración de las TICs, lo cual ha permitido una disminución de la brecha que respecto a ello existe entre América Latina y los países OCDE (ver figura 2.10). Sin embargo, Lugo et al. (2016) menciona que aun cuando la brecha se haya disminuido, se observa que América Latina se ubica en una fase de transición y no en una fase avanzada de la digitalización, lo cual si puede observarse en buena parte de los países industrializados y economías emergentes (ver figura 2.11).

Figura 2.10 Divergencia de penetración de las TIC América Latina y Países de la OCDE



Fuente: Imagen extraída de Lugo, M. T., Bedoya Rodríguez, R. F., Bercovich, N., Brechner, M., Cobo, C., Gvirtz, S., ... y Scuro Somma, L. (2016, p18).

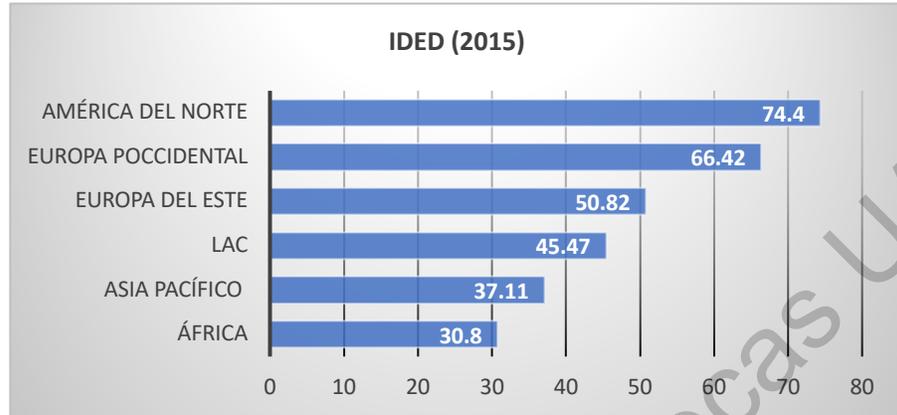
Figura 2.11 Digitalización por regiones



Fuente: Imagen extraída de Lugo, M. T., Bedoya Rodríguez, R. F., Bercovich, N., Brechner, M., Cobo, C., Gvirtz, S., ... y Scuro Somma, L. (2016, p20).

El Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (IDED) a través del CAF (Banco de Desarrollo de América Latina) se puede utilizar como ejemplo para dar una referencia sobre el nivel de crecimiento de los países de la región respecto a la digitalización. De acuerdo con Telecom Advisory Services LLC (2017) el indicador IDED proporciona un panorama general del ecosistema digital el cual comprende: infraestructura, utilización de tecnologías y políticas públicas (ver figura 2.12). A través de IDED se puede ver que América del Norte tiene desarrollado su ecosistema digital en un 74.4% a diferencia de América Latina que lo ha desarrollado en un 45.47%.

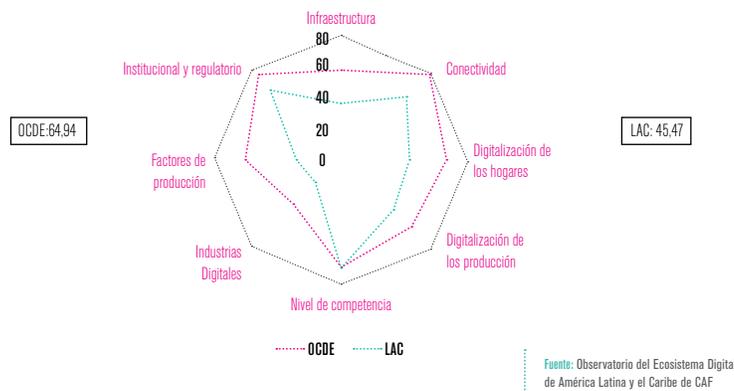
Figura 2.12 Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital (2015)



Fuente: Telecom Advisory Services LLC (2017, p 15)

Telecom Advisory Services LLC (2017) menciona que para el caso de América Latina y el Caribe (LAC) la digitalización había crecido cerca de 7% a partir del 2004, pero este crecimiento no es comparable con el experimentado en los países OCDE que han mantenido una tasa de crecimiento del 5.30% cada año. Las razones para ello es la baja productividad, déficit de infraestructura digital y falta de inversión (ver figura 2.13).

Figura 2.13 Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital (2015)



Fuente: Telecom Advisory Services LLC (2017, p.16).

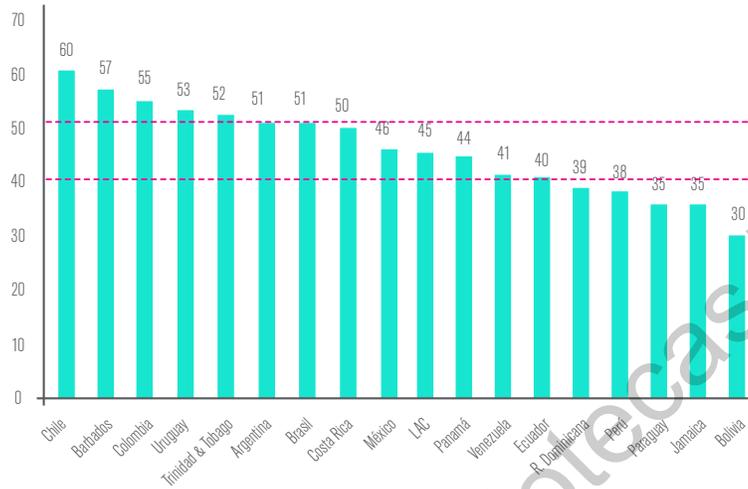
Ampliando más datos sobre América Latina tenemos que el impacto económico de la digitalización en LAC ha tenido una contribución del 4.3% del PIB en un periodo de ocho años, este incremento tuvo un impacto positivo en el aumento de la tasa de empleo permitiendo crear 900.000 puestos de trabajo en diferentes sectores económicos como en la ingeniería de software, fabricación de maquinaria industrial, abastecimiento de insumos, comercialización, servicios financiero y salud (Bárcena et al. 2016). Esto significa que el impacto económico, social y ecológico de la digitalización se potencia de acuerdo con el nivel de madurez del ecosistema digital.

En este sentido Telecom Advisory Services LLC (2017) sugiere que en lo que respecta al ecosistema digital en LAC se evidencian desigualdades muy puntuales entre países, pues al término del 2015 solamente ocho de ellos (Chile, Barbados, Uruguay, Colombia, Trinidad y Tobago, Argentina, Brasil, Costa Rica) habían logrado un IDED igual o por encima de 50⁴³, en tanto 4 países (Panamá, México, Venezuela, Ecuador) manifiestan un IDED⁴⁴ entre 40 y 50, finalmente otros 4 países (R. Dominicana, Perú, Paraguay, Jamaica, Bolivia) exhiben un IDEA menor a 40 (Ver figura 2.14 y tabla 2.10).

⁴³ Para saber más sobre la metodología para determinar el IDEA consulte al Observatorio CAF de ecosistema digital a través de su página web: https://www.caf.com/app_tic/#es/home.

⁴⁴ Se considera un nivel avanzado a un IDED por encima de 50, un nivel intermedio de desarrollo del ecosistema digital a un índice entre 50-40 y un nivel limitado a un índice menor a 40. La tabla 2.10 muestra el IDED promedio 17 países de América Latina de acuerdo con el nivel de desarrollo del ecosistema digital. En términos cualitativos el IDED hace referencia a un nivel de digitalización de un país: limitado, intermedio o avanzado.

Figura 2.14 Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital de América Latina y el Caribe (2015)



Fuente: Telecom Advisory Services LLC (2017, p.16)

Tabla 2.10

Promedio de Índice CAF de desarrollo del Ecosistema Digital por grupo de países (2015)

	Ecosistema Avanzado	Ecosistema Intermedio	Ecosistema Limitado
<i>Países</i>	Chile, Uruguay, Trinidad y Tobago, Argentina, Brasil, Costa Rica	Panamá, México, Venezuela, Ecuador	R. Dominicana, Perú, Paraguay, Jamaica, Bolivia
<i>Ecosistema Digital</i>	51.82	44.34	36.33
<i>Infraestructura</i>	38.89	34.33	30.83
<i>Conectividad</i>	67.42	57.9	46.76
<i>Digitalización de hogares</i>	47.4	45.93	35.86
<i>Digitalización de la producción</i>	61.73	37.91	19.53
<i>Nivel de Competencia</i>	73.42	72.98	74.61

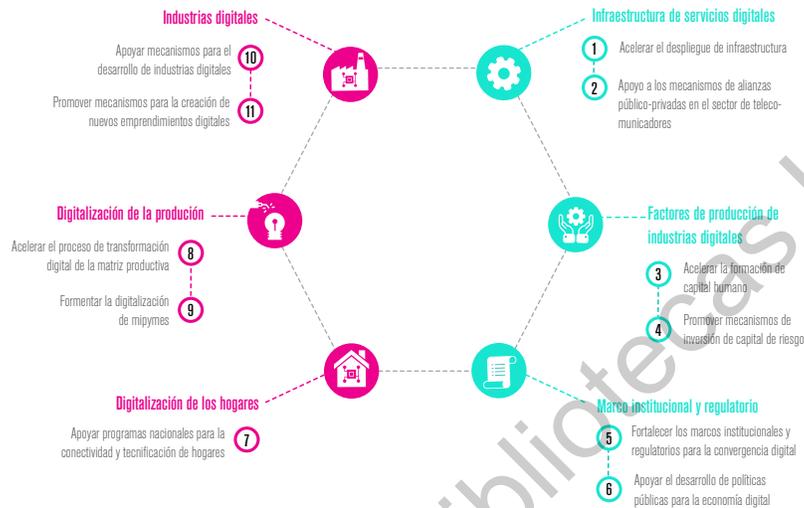
<i>Industrias Digitales</i>	24.25	20.07	21.55
<i>Factores de producción</i>	32.2	23.49	17.55
<i>Marco Institucional y Regulatorio</i>	65.15	62.75	50.13

Fuente: Telecom Advisory Services LLC (2017, p.64)

La tabla 2.10 denota que el grupo de países con un Ecosistema Digital (ED) avanzado manifiestan una ventaja en digitalización en la producción y en factores de la producción referentes al ED (Telecom Advisory Services LLC, 2017). Por otro lado, los países con desarrollo del ED limitado muestran desventajas en la mayoría de los elementos del ED excluyendo el nivel de progreso de infraestructura y la fuerza competitiva.

Si bien los países de LAC han evidenciado crecimiento en el ecosistema digital en la última década, aún persisten desigualdades en comparación con el desarrollo del ED de los países OCDE, por lo cual LAC han establecido metas de crecimiento para el IDDED 2020 (Telecom Advisory Services LLC, 2017). En la figura 2.15 se resumen las estrategias por áreas.

Figura 2.15 Plan de estrategias para el crecimiento del Ecosistema Digital



Fuente: Telecom Advisory Services LLC (2017, p.164)

Problemas y desafío de la transformación digital en la universidad latinoamericana

Para Almaraz et al. (2017), la transformación digital se desarrolla institucionalmente en la universidad cuando ella reflexiona sobre la importancia de introducirse a este patrón tecnológico y desarrolla acciones estratégicas de innovación. De acuerdo a los análisis que sobre el tema han realizado Solís y Szymanski (2014) y Valenduc (2008), desde comienzos de este siglo las universidades han desarrollado acciones en el campo de la gestión de innovación con la intención de adaptar a estos procesos la dinámica tecnológica global, tal es el caso de la digitalización.

Aun cuando los cambios tecnológicos que afectan a la universidad, no necesariamente representan por la general una disminución de gastos en el corto plazo (Bates, 2001), se puede afirmar que a mediano y largo plazo la adaptación a estos cambios genera un impacto económico positivo en las instituciones universitarias. La eficiencia institucional de la

universidad en la adaptación a estos cambios podría generar ahorro y reorientar las inversiones en actividades como la enseñanza, la I+D, en emprendimiento y la innovación.

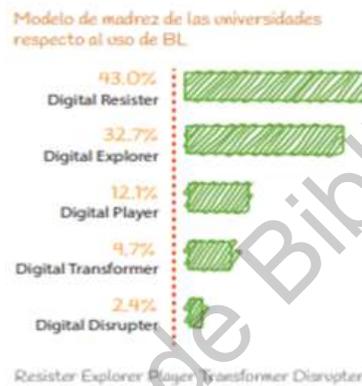
La dinámica de los cambios tecnológicos ha impactado rápida y profundamente los espacios universitarios en América Latina. En efecto, los docentes, los investigadores, el personal administrativo, los estudiantes y otros actores directa e indirectamente vinculados con el que hacer de la universidad son influenciados por la digitalización (Sofís y Szymanski, 2014).

La transformación digital en la universidad encuentra diferentes desafíos. No sólo se trata de optimizar el presupuesto, ampliar la matrícula estudiantil, evitar la deserción de los estudios y mantener las ofertas académicas, también se trata de cómo la universidad puede aumentar su capacidad innovativa como organización a través del patrón tecnológico de la digitalización. Esto significa que la transformación digital a lo interno de la universidad no es suficiente si ella no es acompañada por un proceso de difusión de innovación respecto a la tecnología con el resto de los actores del SNI (Alvarez-Castañón, Estrada, y Palacios, 2018).

Lógicamente abordar la estrategia de innovación universitaria hacia fuera requiere antes de un análisis sobre los problemas que limitan su capacidad innovativa. A través del estudio: “Madurez de las universidades latinoamericanas en la transformación digital” (IDC, 2016) es posible identificar algunos de estos problemas. Uno de los aspectos más resaltantes aquí se refiere al carácter resistente de las universidades en la adaptación a la digitalización (IDC, 2016). Cada cuatro de cada diez universidades en la región son “resistentes digitales”, que no poseen objetivos definidos ni tienen iniciativas y mucho menos una estructura organizativa para la transformación digital (IDC, 2016).

Para poder leer mejor el contexto sobre el grado de madurez de las universidades de América y basado en el estudio de IDC (2016) a continuación se presenta la figura 2.16, que muestra el grado de resistencia a digitalización por parte de las universidades latinoamericanas tomando como referencia la plataforma Blended Learning⁴⁵.

Figura 2.16 Modelo de madurez de las universidades de AL en Blended Learning



Fuente: IDC (2016)

De acuerdo a la figura 2.14 el 43% de las universidades encuestadas son “resistentes digitales”; tienen un bajo aprovechamiento tecnológico de las TICs. Un 32,7% lo conforman las “universidades exploradoras” en donde se pueden localizar proyectos puntuales en digitalización en el campo de la enseñanza y aprendizaje (IDC, 2016).

Muy pocas universidades realizan actividades digitales que fortalezcan su capacidad digital e innovativa. De acuerdo a la figura 2.14 sólo el 12% de las instituciones están en el

⁴⁵ “Blended Learning” También llamado aprendizaje híbrido, consiste en una plataforma tecnológica para el aprendizaje digital. Está orientado a la formación de grupos virtuales académicos y sociales y flexibiliza los tiempos de aprendizaje, disminuye los costos de matrícula y cuenta con procesos didácticos prácticos.

nivel de “jugador digital” porque utilizan plataformas digitales en toda la universidad. Una de cada 10 universidades participante en la encuesta funge como “transformadora digital” porque tiene la capacidad de innovación para sacar valor de las TICS y experimentan con ellas nuevos conceptos de enseñanza y aprendizaje (IDC, 2016).

El 2,4% de la muestra conforma el conglomerado de “universidades disruptivas”. Allí se realizan procesos de aprendizaje tecnológico que crean valor sobre la tecnología adoptada y abre espacios para la conformación de emprendimientos universitarios en digitalización.

De acuerdo con el estudio de IDC (2016) otros problemas más específicos que se observan en las universidades latinoamericanas y que son relevantes en el contexto de la transformación digital son los siguientes: a) deserción de estudios universitarios entre 40 y 70%; b) proliferación de universidades con baja capacidad académica y de investigación; c) escasa formación pedagógica; d) acumulación de información y menos aprendizaje (formación vs. información); e) restricciones financieras; y f) desarrollo de modelos de gestión universitaria tradicionales con alto sesgo académico-burocrático.

La acción estratégica de las universidades en cuanto a la digitalización ha estado más orientada a la incorporación de infraestructura de las TICS y menos en la creación de valor en las actividades relacionadas con el uso del conocimiento y las herramientas digitales (IDC, 2016). Esto quiere decir, que ciertamente ha existido avances en los esfuerzos de incorporar tecnologías para la enseñanza presencial y virtual, pero muy pocos resultados en la generación de conocimientos para sostener la estrategia digital a largo plazo. Una de las razones para ello es que existe una alta acumulación de información que no se estructura, ni se sistematizan y el resultado son la creación de muchas iniciativas aisladas (IDC, 2016).

Sumado a este conjunto de limitaciones se presentan en la actualidad otros cambios tecnológicos desarrollado en el plano de la misma digitalización y que representan riesgos importantes para la universidad no solo latinoamericana, sino también, global. Se proyecta que para los próximos años las universidades tendrán que competir con un número importante de “instituciones digitales informales” (IDC, 2016) que tienen como propósito atender parte de los problemas estructurales y tradicionales que vienen arrastrando las universidades, como por ejemplo altos costos de matrículas y procesos de aprendizaje altamente teóricos y complejos. Estos emprendimientos no sólo serían menos costosos y más prácticos, sino que, además, abrirían espacios a la formación de “escuelas corporativas virtuales” (IDC, 2016). Se trata de universidades corporativas que son creadas por las propias empresas multinacionales y que buscan resolver sus propios problemas en los diferentes ámbitos de su organización: personas, tecnología, estructura, estrategia y procesos (IDC, 2016)⁴⁶.

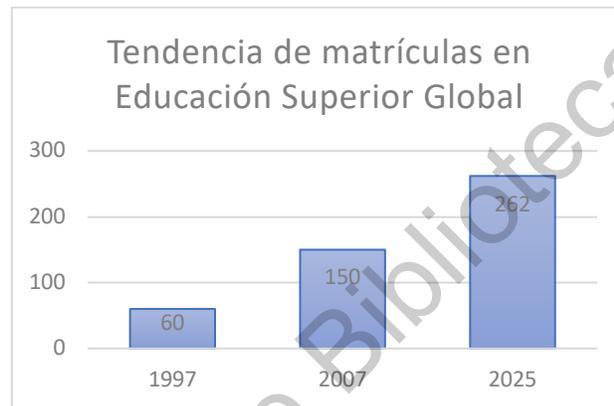
En este diagnóstico aproximativo a la situación general de las universidades latinoamericanas se deben señalar tres aspectos tendenciales a la hora de pensar en las estrategias de digitalización: 1) aumento constante de la matriculas estudiantiles; 2) el aprendizaje virtual y 3) uso de las TICS para facilitar la toma de decisiones (simplificación de burocracia).

Sobre el primero (ver figura 2.17) es importante destacar que, en 1997, 60 millones de estudiantes estaban matriculados en la educación superior, en el 2007 esta cifra ascendió a 150 millones, luego en el 2011 se matricularon 182 millones y la tendencia para el 2025 es

⁴⁶ Un ejemplo de ello lo conforman actualmente el Instituto Tecnológico de Teléfonos de México para las Tecnologías de la Información, SITRAN-Digital Industry Academy de Siemens y Volkswagen Group Academy.

de 262 millones. Es muy probable que la estrategia de digitalización a través del aprendizaje virtual haya incidido en el aumento constante de las matrículas estudiantiles (Mato, 2009 y Álvarez et al., 2017).

Figura 2.17 Tendencia de matrículas en Educación Superior global por el uso de las TICs



Fuente: Grafica elaborada a partir de Alvarez et al. (2017, p183)

Sobre el segundo aspecto y que probablemente se constituye en una de las principales causas del aumento de la matrícula estudiantil es el aprendizaje virtual a través de “Massive Online Open Courses” (MOOC). Este es también al igual que el “Blended Learning” una modalidad que ofrece oportunidades en las empresas y universidades para obtener conocimientos a través de plataformas tecnológicas para la enseñanza y el aprendizaje a distancia. Los MOOCs desde la visión de Al-Kindi, Al-Khanjari y Kraiem (2017) tienen la particularidad de crear redes para la enseñanza social, aspecto éste que se interpreta como positivo, dado que los MOOCs facilitan el aprendizaje de muchos usuarios al mismo tiempo.

Sobre la simplificación burocrática IDC (2016) observa que las universidades latinoamericanas a través del uso de tecnologías como Big data, Machine Learning, Cloud

Computing e Inteligencia Artificial han desarrollado estrategias orientadas a la creación de mecanismos de retención de estudiantes ya matriculados, cálculo de la tasa de graduación de estudiantes, medición de variables relacionadas con el desempeño académico de estudiantes con becas de estudios universitarios respecto a los que no las tienen, planificación de sistemas de estudios, asistencia estudiantil a través de tutores virtuales.

Desde las Agendas Digitales hasta la institucionalización de las políticas públicas en digitalización

La digitalización se concibe como un cambio tecnológico que supone una oportunidad para transformar la educación universitaria clásica, pero también es una herramienta que podría disminuir la actual brecha educativa entre países y apoyar al desarrollo e impacto de la economía de la innovación preservando la cultura mexicana. Buena parte de esta afirmación es recogida de los aportes de Didriksson (2014) cuando afirma que las universidades mexicanas podrían promover muchos más espacios de cooperación internacional a través de la digitalización, haciendo posible un mayor crecimiento económico y sociocultural.

Sunkel, Trucco y Espejo (2014), Hinostroza y Labbé (2011), Valenduc (2018) y CEPAL (2018a) sugieren que incorporar el patrón de la digitalización a la educación universitaria requiere por lo regular, la asistencia de políticas públicas que coadyuven a la integración de los nuevos recursos tecnológicos en los entornos en que se desarrollan las universidades.

Las Agenda Digitales para América Latina y el Caribe de acuerdo a la CEPAL (2018) menciona que las mismas permiten a) fomentar el uso de la tecnología como medio para el desarrollo sostenible; b) impulsar el ecosistema digital mediante la integración y cooperación regional; y c) fortalecer las políticas digitales que impulsen el conocimiento, la inclusión y

la equidad, la innovación y la sostenibilidad ambiental. Para el logro de estos propósitos la CEPAL (2018) seleccionó un conjunto de variables como: infraestructura digital, transformación digital y economía digital, mercado digital regional, gobierno digital, cultura, inclusión y habilidades digitales, tecnologías emergentes para el desarrollo sostenible y gobernanza para la sociedad de la información (Ver anexo 1).

Del conjunto de variables elegidas para determinar los objetivos relacionados con el conocimiento (objetivos educativos) (CEPAL, 2018b, p.4-7)⁴⁷, llama la atención que el objetivo relacionado con la “transformación digital” aún cuando promueve la economía de la innovación y otorga un rol relevante a la empresa como actor de innovación, no es lo suficientemente explícito en el rol del sistema educativo ni el de la universidad respecto a la digitalización (Ver tabla 2.11).

Tabla 2.11

Objetivos Educativos de la Agenda Digital para América Latina y el Caribe 202

<i>Dimensión</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Descripción</i>
Transformación digital y economía digital	Obj. 4	Fomentar el uso de tecnologías digitales en las empresas, con foco especial en las mipymes, así como promover la transformación digital en los distintos aspectos de la economía.
	Obj. 5	Promover ecosistemas regionales de emprendimiento y acciones públicas y privadas para impulsar la innovación basada en datos y acelerar los emprendimientos de base tecnológica.
	Obj. 6	Promover el desarrollo de fondos de capital de riesgo a nivel regional, con el apoyo de instituciones financieras, tradicionales y no tradicionales, para ofrecer recursos a emprendimientos de base tecnológica.

⁴⁷ Otros objetivos educativos de la Agenda Digital para América Latina y el Caribe: Infraestructura digital, Mercado digital regional, Gobierno digital, Cultura, inclusión y habilidades digitales, Tecnologías emergentes para el desarrollo sostenible y Gobernanza para la sociedad de la información.

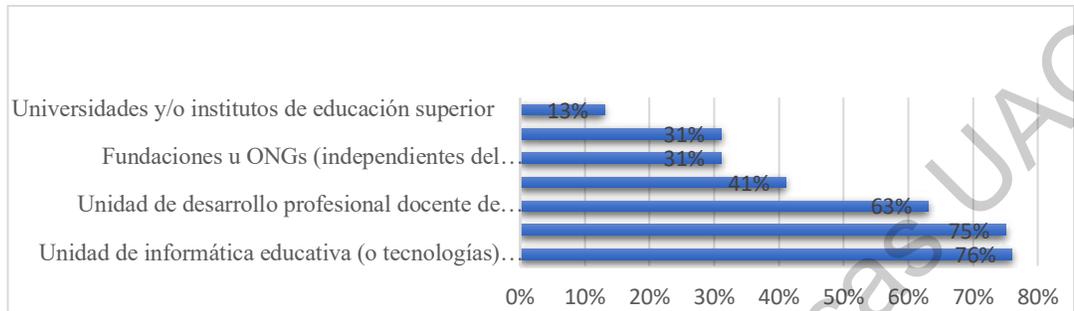
	Obj. 7	Promover el teletrabajo en los países de la región mediante el intercambio de buenas prácticas, el desarrollo y/o el fortalecimiento de marcos normativos, el desarrollo de habilidades digitales y su monitoreo y evaluación.
--	--------	--

Fuente: CEPAL (2018b, p.4-7)

Tampoco el resto de los objetivos de esta agenda definen el papel de la universidad en el marco de la digitalización, dejando abiertamente la digitalización básicamente en el plano de las políticas públicas y dándole al Estado el rol central en el SNI para orientar la adaptación de los actores de innovación a este patrón tecnológico. Un ejemplo de ellos es el peso de los gobiernos en la formulación de las agendas digitales nacionales (Roseth, Reyes, Farias, Porrúa, Villalba, Acevedo y Fillotrani, 2018). También Sunkel, Trucco y Espejo (2014) ya habían advertido antes sobre la falta de institucionalización de las políticas públicas respecto a la digitalización, en el sentido de que los actores de innovación ejercen prácticas muy limitadas para transformar mediante las TICS su propia organización (personas, tecnología, estrategias, estructura y procesos).

Hinostroza y Labbé (2011) indican que los encargados de promover la institucionalización de las políticas digitales en las universidades son los órganos públicos del Estado (Ministerios en conjunto con instituciones nacionales, regionales y locales). En su investigación estos autores señalan que un 76% del grupo de países de América Latina y el Caribe poseen unidades específicas para dedicarse a gestionar la política pública digital, un 75% cuentan con unidades públicas que influyen las decisiones sobre el currículo educativo, un 63% poseen unidades encargadas de la actualización de conocimiento de los docentes y sólo un 13% de las universidades están directamente involucradas en la implementación de la política educativa digital (Ver figura 2.18).

Figura 2.18. Grado en que los países LAC se involucran en la política educativa digital por unidades y organismo

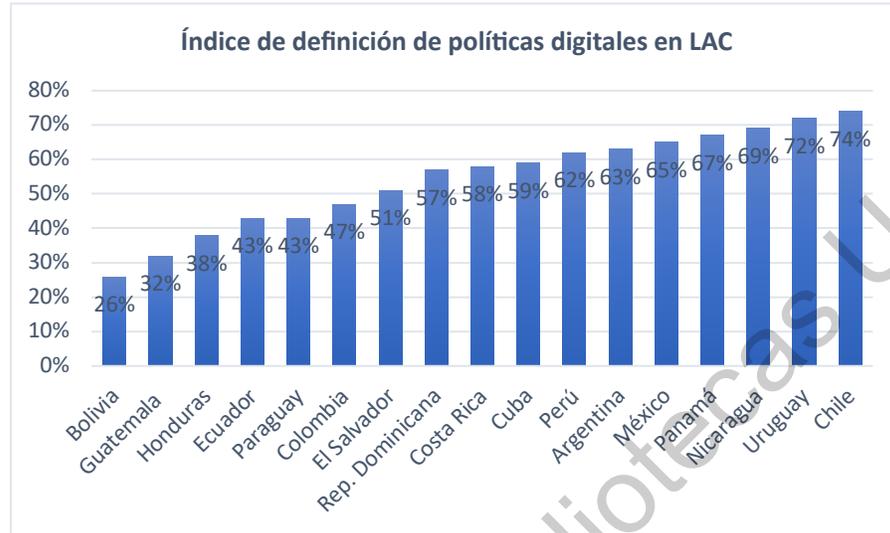


Fuente: Hinostrza y Labbé (2011, p.24).

Partiendo de las aportaciones de Sunkel, Trucco y Espejo (2014), Hinostrza y Labbé (2011), Valenduc (2018) y CEPAL (2018a) casi un 50% de los países LAC poseen una política pública institucionalizada respaldada por una unidad comprometida a implementarla dentro de la universidad tomando como base a los siguientes objetivos: innovación y/o cambio en las prácticas de enseñanza y de aprendizaje, mejoramiento de la gestión escolar, desarrollo de competencias en torno a las TICs en el personal académico y de investigación, optimización de la gestión de los organismos públicos, desarrollo de la cobertura educativa.

La figura 2.19 plasma el nivel de plenitud de la política digital en el contexto universitario de los países LAC. Un índice alto se traduce en que el país formalizó la política a través de recurrir a unidades específicas para el logro de objetivos educativos universitarios digitales (Hinostrza y Labbé, 2011). Es así como Chile, Uruguay y Nicaragua se posicionan entre los primeros lugares, mientras que México se encuentra en un nivel intermedio avanzado (Hinostrza y Labbé, 2011).

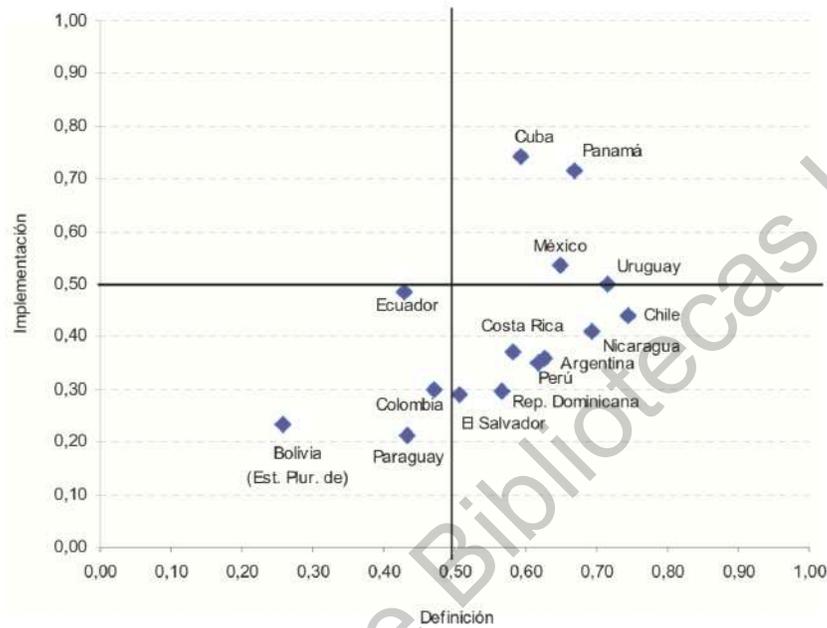
Figura 2.19 Niveles de formalización de la política pública en digitalización



Fuente: Hinostrza y Labbé (2011, p.32).

Profundizando un poco más sobre la institucionalización de las políticas públicas en digitalización, se puede observar que México unido a Panamá, Cuba y Uruguay muestran índices altos en conceptualizar y llevar a la acción sus políticas digitales universitarias educativas (Ver figura 2.20). En ese sentido, Hinostrza y Labbé (2011) puntualizan la importancia de señalar que el cuadrante superior izquierdo, que representa un nivel alto en implementación y baja definición de la política digital educativa universitaria este desocupado, lo cual representa un contexto en el cual un país tiene una buena conceptualización de sus políticas, pero no las ha llevado a la práctica, es decir, las políticas públicas no se concretan en lo práctico, posiblemente a razón de una desarticulación de la interacción de los actores del Sistema Nacional de Innovación (Estrada et al., 2016).

Figura 2.20 Relación entre diseñar e implementar la política digital educativa universitaria en los países LAC



Fuente: Extraída de Hinostrroza y Labbé (2011, p.52).

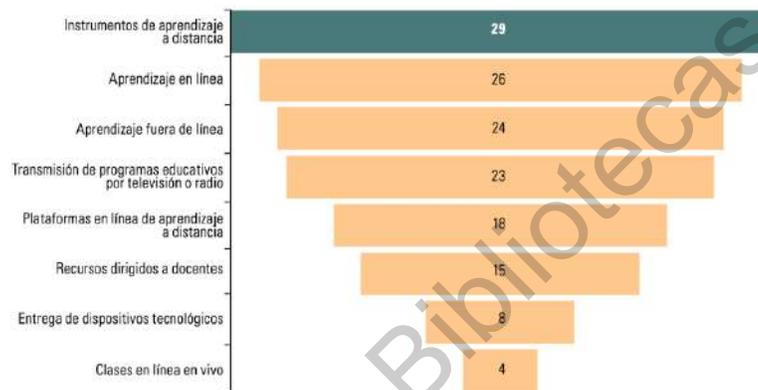
COVID-19: El nuevo escenario de la digitalización en la universidad latinoamericana

De acuerdo a Marinoni, van't Land y Jensen (2020) la UNESCO reportó a inicios del mes de abril de 2020 el cierre de Universidades en 185 países, afectando a 1 billón 542 millones de educandos, lo cual representa el 89,4% del total de educandos matriculados. Watermeyer, Crick, Knight y Goodall (2020) refieren que el COVID-19 ha generado el cierre de centros universitarios alrededor del mundo y la migración de los procesos de enseñanza-aprendizaje y evaluación a un contexto virtual, generando un profundo impacto y desafíos para la comunidad mundial de educación superior (Crawford et al., 2020).

Strielkowski (2020) refiere que si bien la pandemia del COVID-19 ha generado una crisis de salud, económica, social y educativa a nivel mundial, también puede considerarse como un fenómeno de impulso para el campo la digitalización. Ante esta oportunidad CEPAL-

UNESCO (2020) señalan un conjunto de nuevas estrategias por las cuales Latinoamérica ha optado para continuar la actividad de educación (Ver figura 2.21).

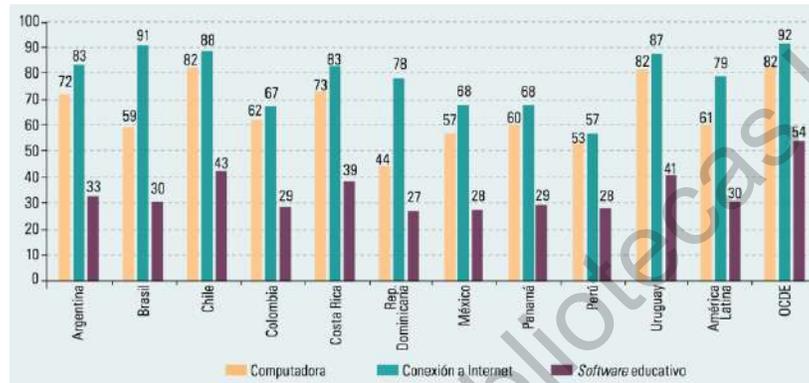
Figura 2.21 América Latina y el Caribe (29 países): Estrategias de continuidad de estudios en modalidades a distancia



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Sistema de Información de Tendencias Educativas en América Latina (SITEAL), “Sistematización de respuestas de los sistemas educativos de América Latina a la crisis de la COVID-19”, 2020 [en línea] https://www.siteal.iiep.unesco.org/respuestas_educativas_covid_19.

Al momento en el cual fue elaborado el reporte CEPAL-UNESCO (2020) únicamente 8 de los 33 de países de Latinoamérica (Argentina, Chile, Colombia, El Salvador, Jamaica, Perú, San Vicente y las Granadinas y Uruguay) consideran dentro de sus estrategias para llevar acabo el proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia entregar dispositivos tecnológicos. Esta es una media imprescindible, dado que se debe considerar lo que representan los niveles de acceso a dispositivos tecnológicos en el contexto actual, tomando en cuenta que es altamente probable que varios miembros dentro del hogar necesiten acceder a un mismo dispositivo para poder realizar sus actividades educativas o laborales (Ver figura 2.22).

Figura 2.22 América Latina (10 países) y promedio de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE): Estudiantes que tienen acceso a equipamiento digital en el hogar, 2018



Fuente: Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA), 2018.

Se puede observar en la figura 2.22 que la brecha digital entre Latinoamérica y los países de la OCDE persiste. Un tercio de los alumnos en Latinoamérica cuentan con un software educativo en casa, comparados con más de la mitad de los estudiantes pertenecientes a la OCDE. Aproximadamente el 80% de los estudiantes en Latinoamérica tienen acceso a Internet desde el hogar y únicamente un 61% tenía acceso a una computadora, mientras los de la OCDE un 92% de estudiantes tienen conexión a internet y 82% cuentan con un dispositivo digital.

CEPAL-UNESCO (2020) aseguran que Latinoamérica se ha esforzado por responder a las demandas digitales que ha traído la pandemia del COVID-19 poniendo en marcha estrategias innovadoras en tiempos muy cortos, con el objetivo de asegurar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

De esto se desprende que en medio del período de despegue y consolidación de la pandemia las estrategias de digitalización en el contexto de la educación superior universitaria, están más orientadas a responder a una demanda de infraestructura y equipamiento para los usuarios, lo cual ha generado y aumentado la capacidad digital de los países de América Latina. Esto muy seguramente de acuerdo a las características burocráticas y de planificación estos países en circunstancias normales, hubiese sido muy lenta (Strielkowski (2020).

De acuerdo a lo hasta ahora desarrollado en el marco conceptual y referencial de esta investigación, la digitalización como patrón tecnológico es mucho más que la capacidad de infraestructura de tecnologías de información y comunicación de los países. En este sentido, y considerando recientes datos obtenidos del Foro “University Future Festival, 2020” realizado en la ciudad de Berlín, se mencionan un conjunto de inputs que son discutidos actualmente en el contexto de las universidades, como consecuencia de la aceleración de la digitalización. Entre ellas se mencionan las siguientes:

1. Aumento de la capacidad emprendedora de las universidades.
2. Desarrollo acelerado de competencias digitales en todo el sistema organizativo universitario.
3. Creación de plataformas digitales para promover mayor interacción.
4. Interacción digital con las empresas del sector digital.
5. Transformación digital y transformación ambiental como binomio de la gestión de innovación universitaria.
6. Enfoque de la universidad como actor fundamental de la innovación.

7. Mayor integración de las necesidades sociales y económicas con la investigación científica.
8. Mayor flexibilidad en el aprendizaje y transferencia de conocimientos.
9. Desarrollo de la creatividad a través de experimentos digitales.
10. Concepción de la interacción como centro de la nueva cooperación académica.
11. Conexión y comunicación con enfoque de calidad.
12. Uso de la inteligencia artificial para innovar aceleradamente en el campo de la digitalización universitaria.

Una de las características relevantes que también está siendo observada en los cambios tecnológicos expresados por la digitalización es que ella está permitiendo una mayor inclusión de los actores de innovación. Se puede evidenciar que las universidades pequeñas o las universidades nuevas pueden aprovechar la digitalización para desarrollar modelos de negocios y de emprendimientos altamente innovativos, lo cual no las excluye del sistema de oportunidades de innovación en las que también participan universidades grandes con tradición de investigación y alta capacidad innovadora. De acuerdo algunos reportes emanados por el, “Innovation Hub Institute Berlín” actualmente universidades como la Universidad de Wildau, la Universidad Técnica de Chennitz y la Universidad de Potsdam han aprovechado su capacidad innovativa para transformar los modelos de negocio empresariales en el país durante la pandemia, ofreciendo a las empresas mecanismos de mayor coordinación y desarrollo de nuevos proyectos de innovación. Un ejemplo de ello lo constituye el “Transferpass” como forma novedosa de transferir conocimientos entre la universidad y la empresa. Con este mecanismo las empresas tienen acceso a los nuevos

modelos de negocio que y de emprendimiento que pueden ser utilizados por las empresas alemanas.

México respecto al mundo

La caracterización del Ecosistema Digital en América Latina permite centrar el análisis de las transformaciones digitales en México. Como una referencia inicial se presentó arriba el gráfico 2.14 sobre el Índice CAF de Desarrollo del Ecosistema Digital. Allí México se localiza en el lugar número nueve respecto al resto de los países de América Latina y el Caribe, con un IDED de 46, considerado un nivel de ecosistema intermedio, el país ha desarrollado su ecosistema digital en un 46% (Telecom Advisory Services LLC, 2017 y Morales, 2017).

Es de mencionar que la economía mexicana ha sufrido transformaciones importantes. El país ha experimentado un aumento vertiginoso del uso de equipos interactivos y móviles como herramientas de comunicación que interconectan a los usuarios en los diferentes espacios socioculturales a través de redes sociales, servicios u otros espacios online. Esto lo afirman Bárcena et al. (2016) y Morales (2017) quienes destacan que se evidencia un incremento en la utilización de tecnologías digitales en diversas facetas de la economía y en los espacios socioculturales.

No obstante, el país presenta importantes debilidades en lo que se refiere a la penetración de las TIC e infraestructura y creación de negocios altamente innovadores (Estrada et al., 2016). Algunos datos en torno a ello pueden mostrarse en los reportes de la OCDE (2015, 2017); en donde se puntualiza que México ha ocupado los últimos lugares en el contexto de la digitalización a nivel mundial. El Instituto Internacional para el Desarrollo de la Gestión

Centro de Competitividad Mundial a través de su Ranking Mundial de Competitividad Digital IMD⁴⁸ (WDCR)⁴⁹ muestra el ranking de 63 países que cuentan con un PIB entre alto a medio, y en donde México ocupa el lugar 49 (Ver figura 2.23).

Figura 2.23 Ranking de Competitividad Digital IMD (2019)



Fuente: IMD World Competitiveness Center (2019, p.26-27).

Sin embargo, aun cuando el país se ubica entre los últimos países OCDE, escaló dos lugares respecto al 2017, debido a que se logró incorporar la robótica en algunas industrias y asimismo orientó inversiones en I+D en el mismo sector industrial IMD World Competitiveness Center (2019).

Si se evaluara el rendimiento de México mediante el Ranking Mundial de Competitividad Digital (RMCD), allí se observa que el país no es sobresaliente y en consecuencia se observan otras debilidades en los campos de educación, infraestructura tecnológica y agilidad empresarial (IMD, 2019).

⁴⁸ Índice creado en el 2017 que mide la capacidad y acondicionamiento de 63 economías que tienen un PIB alto o medio para adoptar y explorar tecnologías digitales como impulsor esencial para transformar la economía de negocios, gobierno y la sociedad (IMD, 2019). Para saber más del índice ingresar: <https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center/>

⁴⁹ World Digital Competitiveness Ranking.

El RMCD explora tres componentes: 1) Conocimiento (intangibles que marca el proceso de transformación digital a través descubrir, comprender y construir nuevas tecnologías); 2) Tecnología (evalúa el entorno que habilita desarrollar la tecnología digital); y 3) Preparación futura (evalúa el grado de acondicionamiento para asumir la transformación digital). Cada uno de estos componentes poseen una estructura (sub-elementos) que conforman el esquema competitivo (capacidad competitiva) de los actores de innovación en el contexto de la digitalización (IMD, 2019). En la tabla 2.12 se muestra la operativización de las variables para el caso mexicano.

Tabla 2.12

Estructura general de competitividad digital de México 2019

Conocimiento					
Talento	Ranking	Formación y Educación	Ranking	Concentración Científica	Ranking
Evaluación educativa PISA-Math	50	Formación de los empleados	49	Gasto total en I+D (%)	53
Experiencia Internacional	22	Gasto público total en educación	56	Total de personal de I+D per cápita	54
Personal extranjero altamente calificado	31	Logro de educación superior	53	Mujeres Investigadoras	30
Gestión de ciudades	55	► Proporción alumno-maestro (educación terciaria)	15	► Productividad en I+D por publicación	16
► Habilidades digitales / tecnológicas	58	Graduados en Ciencias	22	Empleo científico y técnico	-
Flujo neto de estudiantes internacionales	36	Mujeres con grados	52	Subvenciones para patentes de alta tecnología	52
				► Robots en Educación e I+D	11
Tecnología					
Marco Regulatorio	Ranking	Capital	Ranking	Tecnológico	Ranking
Iniciar un negocio	43	► Capitalización bursátil de TI y medios	16	► Tecnología de comunicaciones	58
Cumplimiento de contratos	33	Financiación para el desarrollo tecnológico	56	Suscriptores de banda ancha móvil	39
Leyes de inmigración	35	Servicios bancarios y financieros	52	► Banda ancha inalámbrica	58
Desarrollo y aplicación de tecnología	56	Calificación crediticia del país	40	Usuarios de Internet	57
Legislación de investigación científica	55	Capital de riesgo	53	Velocidad de ancho de banda de Internet	53
Derechos de propiedad intelectual	53	Inversión en telecomunicaciones	36	Exportaciones de alta tecnología (%)	17
Disponibilidad Futura					
Actitudes Adaptativas	Ranking	Agilidad Empresarial	Ranking	Integración de IT	Ranking
Participación electrónica	17	► Oportunidades y amenazas	58	Gobierno electrónico	49
Venta minorista por Internet	49	► Distribución mundial de robots	11	Asociaciones público-privadas	47
Posesión de tableta	49	Agilidad de las empresas	53	► Ciberseguridad	59
Posesión de teléfono inteligente	56	Uso de big data y análisis	56	Piratería de software	42
Actitudes hacia la globalización	35	Transferencia de conocimiento	53		

Fuente: IMD World Competitiveness Center (2019, p.115-116).

Con la tabla 2.12 se pueden apreciar componentes marcados por un triángulo – ► –, estos representan los cinco criterios principales en los que el país tiene una mejor clasificación en la competitividad digital, es decir, representan las fortalezas ante el patrón de la digitalización (IMD World Competitiveness Center, 2019). También se tienen componentes marcados por un triángulo vacío – ▷– representando las debilidades digitales (IMD World Competitiveness Center, 2019). Como ya fue mencionado con anterioridad México escaló dos niveles en el año 2019 por su fortaleza en términos de: robots operativos en la industria como en I + D, proporción alumno-maestro en educación terciaria, robots en educación e I + D, productividad en I + D por publicación, capitalización bursátil de TI y medios (IMD World Competitiveness Center, 2019). No obstante, también presenta debilidades en las habilidades tecnológicas y digitales, en la infraestructura tecnológica – banda ancha inalámbrica y tecnologías de la comunicación – y en las percepciones de los ejecutivos sobre la agilidad de las empresas que mostraron una disminución en comparación con el año pasado.

Luego se presenta la figura 2.24 que indica el comportamiento del RMCD entre los años 2015-2019. Allí se puede observar que las mejores posiciones ocupadas por México en el RMCD gracias a sus fortalezas fueron los años 2015, 2017 y 2019, mientras que las debilidades ocasionaron una disminución del ranking en el año 2016 y 2018.

Figura 2.24 Ranking de Competitividad Digital IMD 2015-2019



Fuente: IMD World Competitiveness Center (2019, p.115-116).

Tanto la tabla 2.12 sobre la estructura general de competitividad digital como la figura 2.24 del Ranking de Competitividad Digital permiten tener una aproximación cercana de las características de la digitalización en México. El análisis de la competitividad general (IMD, 2019, 2018, 2017) permite profundizar más sobre el conjunto de fortalezas y debilidades del país clasificadas entre el período 2017-2019 (Ver tabla 2.13).

Tabla 2.13

Fortalezas y debilidades de México respecto a la competitividad digital 2017-2019

2017	
Fortalezas	Debilidades
Proporción alumno-docente (educación terciaria)	Habilidades tecnológicas digitales / tecnológicas
Graduados en ciencias	Patentes de alta tecnología
Capitalización bursátil de TI y medios	Tecnología de las comunicaciones
Participación electrónica	Usuarios de Internet
Actitudes hacia la globalización	La seguridad cibernética
2018	
Fortalezas	Debilidades
Proporción alumno-docente (educación terciaria)	Desarrollo y aplicación de tecnología
Graduados en ciencias	Tecnología de las comunicaciones
Productividad de I + D por publicación	Usuarios de Internet
Capitalización bursátil de TI y medios	Posesión de teléfonos inteligentes
Participación electrónica	La seguridad cibernética
2019	
Fortalezas	Debilidades
Proporción alumno-docente (educación terciaria)	Habilidades digitales / tecnológicas
Productividad de I + D por publicación	Tecnología de las comunicaciones
Robots en Educación e I + D	Banda ancha inalámbrica
Capitalización bursátil de TI y medios	Oportunidades y amenazas de negocios
Distribución mundial de robots	La seguridad cibernética

Fuente: IMD World Competitiveness Center (2019, p.115-116: 2018, p.114-115: 2017, p.116-117).

De acuerdo a la tabla 2.13 unas de las fortalezas recurrentes entre el período 2017-2019 son: a) la proporción alumno-maestro en educación terciaria; b) la capitalización bursátil de TI; y c) recientemente los indicadores en la incursión de robots⁵⁰. En cuanto a las debilidades las más recurrentes son: las tecnologías de la comunicación, la seguridad cibernética y la

⁵⁰ Este indicador es un dato relevante que indica la incursión de México en la industria 4.0.

poca habilidad en las tecnologías digitales. Si se tomara como referencia las fortalezas de otros países de acuerdo al IMD (2019) se observa que la actividad de generación de conocimiento es recurrente en el conjunto de países que lideran la economía digital. Estados Unidos y Suecia, por ejemplo, se han mantenido en los primeros lugares del ranking al equilibrar sus esfuerzos en la generación de conocimiento y mantener una disposición de la adopción de innovación. Morales (2017) a través de un análisis sobre el ranking reconoce que aún cuando México haya logrado un crecimiento intermedio del ecosistema digital en la región latinoamericana, el no poseer una capacidad innovativa y competitiva en el contexto de la digitalización respecto al escenario mundial, refleja que el país mantiene una brecha tecnológica que puede incidir en la productividad.

De acuerdo con la OCDE (2016, 2017) y Bárcena et al. (2016) la agenda de digitalización en América Latina ha tenido como prioridad a partir del 2014 las siguientes políticas: a) formación de especialistas en tecnologías de la información – capacidades avanzadas –; b) desarrollo del gobierno en línea; c) creación de contenido digital y acceso; d) desarrollo de la información del sector público; e) uso y reutilización de datos; y f) seguridad de los sistemas y redes de información. Con base a esta agenda México ha intentado estimular a las empresas emergentes en el desarrollo del ecosistema digital. La tabla 2.14 muestra – aún cuando los datos son del 2012 – el incipiente desarrollo de la agenda digital del país; pues sólo un sub-instrumento había sido implementado (transferencia tecnológica) y los demás están en la fase de desarrollo, creación o modificación (Bárcena et al., 2016).

Tabla 2.14

Estado de instrumentos políticos de México para estimular empresas emergentes (2012)

<i>Instrumento</i>	<i>México</i>	
<i>Financiamiento</i>	Capital Semilla	Necesidad de creación o reforma
	Capitales Ángeles	Necesidad de creación o reforma
	Capital Riesgo	En desarrollo
<i>Servicios empresariales y capacitación</i>	Incubadoras	En desarrollo
	Aceleradores	En desarrollo
	Empresas derivadas (spin-offs)	Necesidad de creación o reforma
	Transferencia tecnológica	En implementación
	Capacitación a empresas	En desarrollo
<i>Marco regulatorio</i>	Facilidad para crear o cerrar empresas	En desarrollo
	Marco fiscal u legal específico	En desarrollo

Fuente: Bárcena et al. (2016, p.66).

Datos más actualizados como son los de Bárcena et al. (2016), Morales (2017), OCDE (2016, 2017) y Telecom Advisory Services LLC (2017) dan cuenta de que México aún con las deficiencias que posee, viene experimentando un nivel intermedio del Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital. Esto se puede reafirmar con un análisis adicional sobre las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (Ver tabla 2.15) (Advisory Services LLC (2017)).

Tabla 2.15

Análisis FODA del Ecosistema Digital de México

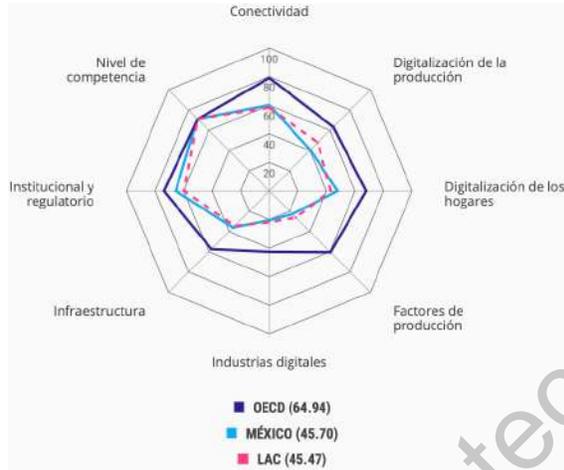
<i>Fortalezas</i>	<i>Oportunidades</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Nuevo marco regulatorio, con autoridad regulatoria independiente (IFT), enfocado en promover la competencia • Precios de los servicios asequibles • Existencia de una Estrategia Digital Nacional (gobierno digital, economía digital, educación de calidad, salud universal, seguridad de la ciudadanía) en proceso de implementación • Prestación de servicios por varias empresas de escala internacional (América Móvil, Telefónica, ATyT, Televisa) 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja penetración de servicios de banda ancha fija y móvil, lo que implica que aún existe amplio mercado para crecer • Promoción de actividades gubernamentales para transformar la relación del gobierno con los ciudadanos • Promoción de herramientas para incentivar la economía (desde desarrollo [apps] hasta mecanismos de información y automatización de procesos)

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Mercado aún concentrado en una empresa. • Cobertura limitada de redes de alta velocidad. • Recursos humanos poco desarrollados para el despegue de la economía digital. • Regulación con relativas pocas barreras de entrada acompañada de enormes barreras de mantenimiento (obligaciones, reporte, fiscalización, sanciones), que dificultan enormemente la operación y, por lo tanto, la competencia. • Poco desarrollo de herramientas digitales locales (p.ej., México tiene índices muy bajos de número total de desarrolladores, desarrolladores por cada 100 habitantes, baja frecuencia de descarga y uso en Apple AppStore y Google Play). • Poco uso de las herramientas TIC en la relación del gobierno con los ciudadanos y la promoción de actividades económicas (p.ej., agroTIC, e-salud). 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragilidad macroeconómica y retomada de la inflación. • Reconsideración por parte del regulador de la intensidad de la regulación asimétrica (“regulación de preponderancia”). • Disminución importante de la inversión en los próximos años, lo que puede aumentar el rezago de México con respecto al resto del mundo.

Fuente: Telecom Advisory Services LLC (2017, p.208)

El análisis FODA realizado muestra los desafíos de México en importantes campos de la economía digital: infraestructura tecnológica, tecnologías de la comunicación, seguridad cibernética, participación en nuevos negocios y mayor habilidad en el uso de tecnologías digitales. Tomando como referencia los aportes de Morales (2017) y Telecom Advisory Services LLC (2017) México debe enfrentar dichos desafíos a través de un conjunto de estrategias contextualizadas en el crecimiento del ecosistema digital (Ver figura 2.25).

2.25 Plan de estrategias para el crecimiento del Ecosistema Digital



Fuente: Observatorio del Ecosistema Digital de América Latina y el Caribe de CAF

De acuerdo a este plan de estrategias se observa que México posee frente al ecosistema digital de los países de América Latina y el Caribe desventajas en el área de industrias digitales y digitalización en la producción. Con respecto a los países OCDE México exhibe un desarrollo similar al resto de los países en los niveles de competencia e institucional y regulatorio. Según Bárcena et al. (2016) la razón por la cual México sobresale en la intensidad competitiva y marco regulatorio y políticas públicas del ED es por haberse sumado y haber hecho los esfuerzos de implementar una agenda digital nacional tal y como también ocurrió en otros países de América Latina (Ver tabla 2.16).

Tabla 2.16 Etapa de las agendas en países Latinoamericanos y del Caribe en el 2016

País	Agenda Digital Nacional
Argentina	En elaboración
Barbados	En implementación
Bolivia	Necesidad de creación o reforma
Brasil	Necesidad de creación o reforma
Chile	En implementación
Colombia	En implementación

<i>País</i>	<i>Agenda Digital Nacional</i>
<i>Costa Rica</i>	En implementación
<i>Cuba</i>	En implementación
<i>Ecuador</i>	En implementación
<i>El Salvador</i>	Necesidad de creación o reforma
<i>Guatemala</i>	En elaboración
<i>Haiti</i>	Necesidad de creación o reforma
<i>Honduras</i>	En implementación
<i>Jamaica</i>	En implementación
<i>México</i>	En implementación
<i>Nicaragua</i>	Necesidad de creación o reforma
<i>Panamá</i>	En implementación
<i>Paraguay</i>	En implementación
<i>Perú</i>	En elaboración
<i>República Dominicana</i>	En elaboración
<i>Trinidad y Tobago</i>	Necesidad de creación o reforma
<i>Uruguay</i>	En elaboración
<i>Venezuela</i>	En implementación

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Bárcena et al. (2016, p.65).

Digitalización y dinámica de los actores de innovación en México

Los conjuntos de datos cualitativos y cuantitativos hasta ahora analizados permiten una aproximación sobre la dinámica que han desarrollado los actores de innovación en México. No obstante, aun cuando los reportes utilizados para este análisis poseen un alto grado reconocimiento y confianza, la dinámica desarrollada por los actores de innovación tanto en América Latina como en México no son profundizados con rigurosidad.

Aun cuando ello es así, es posible inferir a través de los datos presentados el tipo de comportamiento desarrollado por el gobierno, las empresas, las universidades, los centros de I+D y de otros actores mexicanos respecto a la creación de capacidad innovativa para la digitalización. Por ejemplo, los datos mostrados a través de los reportes de Advisory Services LLC (2017) y World Competitiveness Center (2019, 2018, 2017), como el de Bárcena et al. (2016) y en cierta medida el de Morales (2017) destacan la labor del gobierno muy por

encima de la actuación de las empresas y universidades (Estrada et al., 2016 y Pérez, 2010)

51.

Es evidente, que el conjunto de debilidades detectadas en el campo de la digitalización ha afectado directamente la productividad económica de México, lo cual significa que todos los actores de innovación, sin excepción presentan limitaciones en la adaptación a los cambios tecnológicos impulsados por la digitalización.

Algunos ejemplos pueden mostrarse, cuando se analiza tanto la capacidad innovativa en digitalización como la interacción de los actores de innovación por sectores económicos y regiones. El sector automotriz mexicano presenta limitaciones en su capacidad productiva en el contexto de la digitalización, lo que ha generado una mayor dependencia de los proveedores y redes internacionales que locales. Una de las razones que se han expuesto es la falta de capacidad innovativa en el sector de las TIC (Hoshino, 2016).

Otra referencia es el estudio de las redes de innovación tecnológicas hecho en la ciudad de Guanajuato. En el estudio se infiere que una de los problemas más relevantes que tienen estas redes, además de la falta de capital humano calificado y la baja intensidad de transferencia de conocimiento, es la poca y débil infraestructura de TIC y la baja capacidad innovativa en digitalización (Álvarez-Castañón, Coronado-Ramírez, Cárcano-Solis, 2016).

Algo similar a las evidencias descritas en Guanajuato puede observarse en el crecimiento industrial de Querétaro, en donde se concentran además de sectores tradicionales como el metal mecánico, enseres domésticos, plástico y químicos, automotriz y alimentos y bebidas otros sectores como biotecnología, tecnologías de información, industria aeroespacial y

⁵¹ Sobre la relevancia de los actores de innovación, ver el capítulo 3 tema 3.3.3 Función y restricciones del SNI: Los efectos del patrón tecnológico dominante sobre la “Steering function”.

logística. De acuerdo a un análisis sobre el sistema de innovación y sus implicaciones en el bienestar socio-ambiental de Querétaro (Godínez, 2019), se observa que, si bien el desarrollo industrial de la región está relacionado con una mejor organización del trabajo, diversificación de actividades productivas, procesos de I+D y mayor infraestructura en tecnologías de información, no lo es así con los procesos de transferencia tecnológica. Además, no se identifica en la gestión de innovación dentro de las empresas un patrón tecnológico que determina estrategias y acciones, lo cual permite inferir que los procesos de transferencia de conocimiento son aislados y se realizan en el contexto de la gestión de innovación clásica⁵², en donde además los procesos de fluidez de información y de difusión de la innovación son fuertemente protegidos por las empresas (Godínez, 2019).

Este estudio sobre el comportamiento del sistema de innovación en Querétaro muestra también una intervención muy fuerte del Estado en la dinámica del SNI, la cual ha limitado la interacción entre el resto de los actores de innovación, restando autonomía a estos otros actores para la creación de valor y desarrollo de capacidad innovativa de todo el SNI. Ya Palacios (2009) hacía referencia a finales de la primera década de este siglo que, si bien es cierto, que el Estado, debía participar de forma relevante en el desarrollo de la capacidad innovativa en el sector de las TIC, sobre todo en infraestructura, al mismo tiempo los formuladores de políticas públicas estaban obligados a flexibilizar el grado de influencia de la política para así democratizar las decisiones y permitir una mayor presencia del resto de los actores de innovación. Al no existir procesos de interacción flexibles dentro del SNI en donde fluya la información y la difusión de innovación la interacción de nuevos actores hace

⁵² La gestión de innovación clásica se refiere en este contexto a la gestión estratégica que no determina la prevalencia de un patrón tecnológico sobre otro.

el proceso de interacción más complejo y afecta lógicamente el rendimiento del sistema (Estrada, Álvarez-Catanon y Palacios, 2018 y Godínez, 2019).

Profundizando un poco más sobre este estudio, tenemos que la actuación de los actores de innovación se corresponde con la dinámica clásica que ha experimentado los sistemas de innovación en América Latina (Estrada, Álvarez y Palacios, 2016). Eso quiere decir, que el Estado invierte y financia la innovación, las universidades crean la capacidad de I+D y ponen a disposición el capital humano calificado y las empresas producen en función a los insumos de las dos primeras. Con este esquema el sector industrial mexicano desarrolla la gestión de innovación y genera su dinámica dentro del SNI, aportando poco de su propia capacidad innovativa. En el contexto de la digitalización este esquema clásico no sólo se reproduce, sino que, se hace aún más complejo; las empresas desarrollan limitados procesos de transferencia de tecnología y dependen cada vez más de las acciones del Estado para adaptar las TIC y desarrollar procesos de aprendizaje tecnológico (Godínez, 2019).

La universidad en México: Algunas referencias

Tomando como referencia los aportes de López y Katiuzka (2010) un conjunto de instituciones mexicanas entre las que se encuentran universidades han intentado promover la transformación de la educación universitaria en función a los cambios tecnológicos que han surgido, tales son los casos del Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE), la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI), el Sistema Nacional e- México, la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), la Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información (AMTI), la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el Gobierno de México (Ver tabla 2.17).

Tabla 2.17

Algunos programas mexicanos en apoyo al cambio tecnológico educativo

<i>Institución u Organismo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Fecha de la acción</i>
<i>El Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE)</i>	Programa de origen mundial creado por la UNESCO 1954, este programa fue aplicado en México un año más tarde a través de establecer el ILCE con el crear modelos en la educación ad hoc a los cambios tecnológicos promoviendo espacios de aprendizaje virtual.	1965
<i>Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI)</i>	Creado por universidades mexicana con el objetivo de aportar a la comunidad científica y educativa una red de telecomunicaciones que habilite la creación de nuevas generaciones de científicos a través de brindarles instrumentos para desarrollar aplicaciones en materia científica y educativa de tecnología de alta gama a nivel mundial.	1999
<i>Sistema Nacional e- México</i>	Creado en el periodo del presidente Vicente Fox Quezada con el objetivo de que los cambios tecnológicos generados por las TIC asuman una representación nacional y disminuya la brecha digital entre gobierno, empresas y ciudadanos.	2000
<i>Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES)</i>	Se funda el Observatorio Mexicano de Innovación en Educación Superior (OMIES) con el propósito de conocer, promover, difundir e intercambiar información sobre propuestas de innovación en los ámbitos académico, administrativo y tecnológico.	2007
<i>Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información (AMTI)</i>	La AMTI en conjunto la CUDI publican la investigación Visión México 2020. Políticas públicas en materia de Tecnologías de información y comunicación para impulsar la competitividad de México.	2006
<i>Secretaría de Educación Pública (SEP)</i>	Programa Sectorial de Educación contempla en unos de sus objetivos estimular el crecimiento y uso de las TICS en el sistema educativo.	2007- 2012
<i>Gobierno de México</i>	Introduce la agenda digital.	2011
	Propone el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 acerca de la Estrategia Digital Nacional (EDN) con el objetivo de crear un México Digital.	2013
	Lleva acabo en México la conferencia: Economía Digital precedida por la OCDE, con el objetivo de promulgar la Declaración de Cancún de Economía Digital 2016 donde se establecen estrategias de los países OCDE para hacer frente a la Economía Digital.	2016
	Mantiene Coordinación de Estrategia Digital Nacional.	2019

Fuente: Elaboración a partir de López y Katiuzka (2010, p.2.7)

Además del conjunto de acciones que han desarrollado este conjunto de instituciones, es importante resaltar en específico el comportamiento de las universidades mexicanas en

cuanto a la digitalización. Un ejemplo de ello se presenta aquí a través de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la cual se conforma en una de las universidades más emblemáticas del país y también en América Latina.

Según el QS World University Rankings 2020 la UNAM se posiciona en el puesto 103 a nivel mundial y a nivel de Latinoamérica en el puesto No. 2 después de la Universidad de Buenos Aires (UBA) y antes de la Universidad de Sao Paulo. De acuerdo con las estadísticas mostradas por la UNAM (2019) su población estudiantil en el período 2017-2018 es de 349, 215 alumnos de la cual 30, 310 son estudiantes de posgrado, 204,192 de licenciatura y 114, 116 de bachillerato. Su población docente es de 40, 578 académicos.

Algunas características de la adopción de las TIC en la universidad pueden conocerse a través de sus esfuerzos en los campos de: cómputo, internet y red digital (Ver Tabla 2.18). Uno de los indicadores para medir el crecimiento digital de la universidad ha sido la adquisición de computadoras, las cuentas de correo electrónico para alumnos, la creación de salas de video conferencias y la red inalámbrica.

Tabla 2.18

UNAM: Cómputo, Internet y Red Digital 2015 y 2017

	2015	2016	2017
RedUNAM			
Computadoras propiedad de la UNAM con acceso a Internet	80,067	78,233	80,777
Servidores de internet	1,981	2,016	2,042
Red inalámbrica (cuentas activas)	121,056	138,635	156,701
Capacidad de conexión a internet (Mbps)	21,000	26,000	24,000
Capacidad de supercómputo (Gflops^a)	160,128	227,950	232,827
Cuentas de correo electrónico (servidor central y otros servidores)			
Servidor central ^d	349,259	395,425	435,234
En la UNAM ^d	941,183	1,020,038	1,125,398
Transacciones en la red (correo y web) por día			
Correo (servidor central y otros servidores)	56,507,076	61,845,358	64,924,874
Correo + web (servidor central y otros servidores)	75,817,110	84,671,965	94,259,297
Redes de cómputo asignadas	840	880	910
Salas y red de videoconferencia			
Miembros (IES) de la Red Nacional de Videoconferencias	603	686	713
Sedes enlazadas a través de la Red Nacional de Videoconferencias ^b	1,157	1,220	1,232
Sedes de videoconferencia en la UNAM ^c	326	330	344

^a Millones de operaciones aritméticas por segundo.
^b Sedes = Salones, auditorios, salas y oficinas con servicios de videoconferencia.
^c La cantidad disminuyó en 2010 debido a que las cuentas de exalumnos se administran ahora desde un servidor externo a la UNAM.

Fuente: Estadísticas mostradas por UNAM (2019) en su sitio web.

El conjunto de estas acciones ha tenido su origen en los esfuerzos que la universidad había iniciado en el 2008, cuando se creó la Red Inalámbrica Universitaria (RIU) que logró que alumnos, profesores e investigadores se conectaran en red por medio de dispositivos móviles en la biblioteca, auditorio, salón de clase, explanada y recintos en general (Ríos y Marroquín, 2012). Algunos antecedentes a estas prácticas se llevaron a cabo en la década de los setenta a través de la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia (CUAED), la cual en el 2003 se reestructuró y actualmente forma parte de la Secretaría de Desarrollo Institucional integrada junto a otras como la Secretaría de Innovación Educativa, Dirección de Desarrollo Educativo, Dirección de Tecnologías de la Información, Dirección de Proyectos y Vinculación, Dirección de Bachillerato a Distancia, Secretaría Administrativa y Subdirección de Comunicación.

Estos antecedentes evidencian que la UNAM ha estado en un permanente reacomodo organizativo generado por los cambios tecnológicos en la digitalización. De acuerdo a Monahan (2006), este proceso de adaptación tecnológica hace que la universidad tenga una mayor flexibilidad frente a otras universidades mexicanas para ofrecer los cursos abiertos masivos en línea (MOOC).

Otro antecedente a destacar es la creación en el 2008 de la Coordinación de Innovación y Desarrollo (CID), con el propósito de contar dentro de la organización universitaria con una unidad especializada para coordinar y promover la transferencia tecnológica, la prestación de servicios tecnológicos y la generación de espacios que permitieran crear empresas con la participación de profesores, investigadores, alumnos y egresados universitarios (Innovación UNAM, 2018). La creación de esta unidad especializada representa hasta la actualidad una de las instancias más importantes para la adaptación de la digitalización a las prácticas de enseñanza, aprendizaje, I+D e innovación. Entre los logros que se le atribuyen a esta instancia organizativa se mencionan: a) promedio de 41,3 patentes solicitadas y 18,7 patentes otorgadas entre el período 1998-2007; b) aumento en la tasa de sobrevivencia de las empresas incubadas en un 90%; c) mayor promoción de redes universitarias en 103 entidades; y d) creación de nuevas unidades de patentamiento, emprendimiento, vinculación y servicio para promover el desarrollo de la innovación a escala nacional (Innovación UNAM, 2018).

Lo descrito anteriormente permite inferir que la actividad de I+D en la UNAM ha tenido un papel fundamental en los logros de la universidad relacionados con la innovación (Foltz et al., 2012). Sobre la estrategia de innovación implementada por la UNAM se describen a continuación un conjunto de acciones específicas, las cuales permiten conocer tanto la dirección de los esfuerzos que realiza la universidad para interactuar con los actores de

innovación como también la orientación o nivel de intensidad de la digitalización como patrón tecnológico que dinamiza la interacción de los actores (Ver Tabla 2.19)⁵³.

Tabla 2.19

Estrategias de Innovación UNAM

Estrategia	Acciones específicas
Incremento de capacidades universitarias	<ul style="list-style-type: none"> • Aprende a emprender- Programa de formación en innovación y emprendimiento universitario. • Vincula UNAM-Programa de vinculación con los sectores productivo y social, nacional e internacional. • Avanza UNAM- Programa de fortalecimiento de capacidades internas.
Fomento a la innovación y emprendimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorios de innovación. • Iniciativa-Comparte (cómo emprender) • Innovación y futuro-Programa de Fomento a la Innovación. • Incuba+ Programa de impulso a la vinculación.
Empresas universitarias de innovación	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión de la cultura de la innovación y emprendimiento
Difusión de la cultura de la innovación y emprendimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Revista Innovación UNAM-Programa de divulgación y promoción. • Portal, Gaceta Innovación UNAM, campañas, entre otros.
Sistema de gestión de conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • COGNOS UNAM
Transferencia de conocimiento al sector productivo	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de acreditación y certificación de laboratorios y pruebas. • Programa de impulso a Parques Científicos y Tecnológicos. • Inventario de capacidades universitarias. • Ferias de Innovación Tecnológica. • Programa para el Fomento al Patentamiento y la Innovación (Profopi). • Estrategias de innovación de largo alcance.
Fortalecimiento del impacto social de la UNAM	<ul style="list-style-type: none"> • Júpiter-Programa de Fomento a la Educación Digital del Bachillerato.

Fuente: UNAM (2019)

CAPÍTULO 3 MARCO TEÓRICO

3.1 Hacia una nueva teorización del cambio tecnológico

3.1.1 Innovación y cambio tecnológico desde la visión schumpeterana

Los aportes de Schumpeter (1939, 1967) se han constituido en una de las referencias básicas sobre la relación cambio tecnológico e innovación. Tanto en “The Theory of

⁵³ En los resultados de investigación se conocerá una valoración de las prácticas de innovación de la UNAM en el contexto de la digitalización.

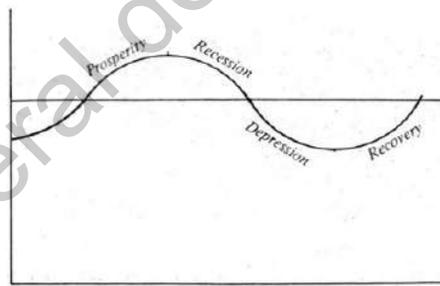
Economic Development” como en “Business Cycles” se enfatiza que el proceso innovativo se constituye en una unidad modular interna de carácter endógeno que propicia el desarrollo capitalista estimulado por la actuación de un agente emprendedor. Schumpeter (1939, 1967) reconoce el rol del emprendedor como entidad económica (Cantner, 2016). Se trata de un individuo que con liderazgo económico conduce los medios de producción hacia otro camino; hombres de negocio independientes y también empleados y directivos de empresas que desarrollan iniciativas con las que emerge la innovación (Schumpeter, 1911).

Aquí es importante resaltar dos aspectos medulares del pensamiento de Schumpeter (1939) vinculados con el cambio tecnológico: a) la economía capitalista como dinámica e inestable y b) la innovación como componente que dinamiza la economía. Ambos son analizados por Schumpeter (1939) de forma integral.

Desde la visión schumpeterana referirse a la innovación es referirse a la introducción de un nuevo producto o servicio al mercado; un nuevo método en los procesos de producción para un determinado sector, en el cual los cambios tecnológicos son capaces de mostrar formas inéditas para competir (Schumpeter, 1939, 1967). Aquí, la modificación de las ideas o búsqueda de nuevos elementos están directamente relacionadas con la actividad de innovar dentro de una economía de mercado, allí las tecnologías novedosas generan modificaciones de tal alcance que son capaces de reemplazar a las tecnologías actuales (Schumpeter, 1967). En consecuencia, cada innovación podría representar el surgimiento de un nuevo conjunto de empresas o tecnologías y la expiración de otras (Schumpeter, 1967). Este enfoque inicial de Schumpeter (1939, 1967) ha sido interpretado por muchos actores modernos cómo, por ejemplo: Drucker (2014) define la innovación como un proceso que sólo tiene reconocimiento social y efecto económico, si es rentable.

Respecto a los ciclos económicos Schumpeter (1939, 1967) menciona que la innovación genera tanto nuevos ciclos económicos como inestabilidad. Utilizando una combinación de análisis estadísticos e históricos se identificó un ciclo recurrente de cuatro fases: prosperidad, recesión, depresión y recuperación que caracterizó el desarrollo de las economías capitalistas (Villazul, 2005). La prosperidad se concibe como un periodo de bienestar en la economía, la recesión en un período de declive económico después de la prosperidad, la depresión es un período de disminución por debajo de cero⁵⁴ y finalmente la recuperación es el período de crecimiento económico desde abajo hasta por encima de cero⁵⁵ (Schumpeter, 1939, 1967). Esto se muestra en la figura 3.1.

Figura 3.1 Ciclo de Negocios de Schumpeter



Fuente: Schumpeter (1939).

Tanto el inicio de la recesión como el de la depresión podrían generar resultados positivos, dado que en estas etapas es posible eliminar viejas industrias improductivas (Schumpeter, 1939). De aquí nace la noción de "vendavales de destrucción creativa". En su Teoría del Desarrollo Económico Schumpeter (1911) sostiene que la destrucción creativa es el

⁵⁴ Cuando el crecimiento anual del PIB ha sido inferior a cero (Schumpeter, 1939).

⁵⁵ Se refiere al periodo donde comienza a crecer el PIB (Schumpeter, 1939).

impulso de un nuevo desarrollo; que se caracteriza por la creación de nuevos métodos de producción, nuevas fuentes de materia prima, nuevos mercados y también una forma nueva de organización interna y externa de las industrias económicas (Schumpeter, 1911). La innovación provoca una alteración del curso normal de la economía creando un proceso de mutación industrial que revoluciona incesantemente la estructura económica desde dentro, destruyendo incesantemente lo antiguo para dar paso a lo novedoso (Schumpeter, 1939, 1967).

Los aportes de Schumpeter (1922, 1939, 1967) cobraron aún mayor fuerza cuando se analiza el proceso histórico de las aceleraciones de la innovación tecnológica durante los períodos de depresión, fueron estas mismas aceleraciones los principales impulsores de la recuperación económica capitalista.

De acuerdo con Valenduc (2018), Schumpeter (1939, 1967) visualiza la existencia de una relación causa-efecto en torno a los cambios tecnológicos y las ondas largas⁵⁶ en las cuales, a través del tejido productivo, suceden cambios importantes sobre la forma en que se producen bienes y servicios. La acumulación de capital tecnológico, por ejemplo, genera una fase de obsolescencia que es sustituida por un nuevo capital tecnológico (Mandel, 1986 y Jiménez-Barrera, 2018).

3.1.2 El enfoque evolutivo de la innovación

La corriente evolutiva también denominada corriente neo-schumpeterana o economía evolutiva de acuerdo a Valenduc (2018) ha tenido a importantes representantes: Richard Nelson y Sydney Winter (1982), Dosi (1982), Rosenberg (1982), Soete (1984), Pavitt (1984),

⁵⁶ Ciclo de cuatro fases de Schumpeter (1939, 1967): recuperación, prosperidad, depresión y recesión. Ver figura 3.1.

Solow (1986), Freeman (1987), Lundvall (1992), Archibugi y Pianta (1996), Pérez (2003), Dopfer, Foster y Potts (2004), Hanusch y Pyka (2006), Mazzucato (2013), Cantner (2018), entre muchos otros.

Partiendo de los aportes de Knight (1921), Shackle (1949), Dopfer et al. (2004), Hanusch y Pyka (2006) y Valenduc (2018) la escuela evolutiva de la innovación – escuela neo-shumpeterana – se caracteriza por analizar la innovación en tres fases: 1) estudios de innovación determinada por la innovación, crecimiento y competitividad internacional – nivel macroeconómico –; 2) la dinámica de la industria impulsada por la innovación – nivel meso de la economía –; y 3) la innovación y el aprendizaje – nivel micro de la economía –.

De acuerdo a Hanusch y Pyka (2006) uno de los fundamentos de este enfoque es el estudio de fenómenos dinámicos causados endógenamente por el sistema económico desde el nivel meso de la economía. Para Dopfer, Foster y Potts (2004) la economía evolutiva se compone en tres niveles: macro, meso y micro, partiendo del hecho de que un sistema económico es una población de reglas, una estructura de reglas y un proceso de reglas.

Partiendo de Dopfer, Foster y Potts (2004) el nivel macro generalmente se refiere a la economía en su conjunto. Sin embargo, los mismos autores también admiten que la definición de macro se aplica a unidades que son más pequeñas que toda la economía (Dopfer, Foster y Potts, 2004). En este caso, componentes de la macroeconomía, como son sectores industriales, son aislados y tratados como si fueran macroeconomía ellos mismos (Dopfer, Foster y Potts, 2004). A esto Dopfer, Foster y Potts (2004) lo denominan análisis económico evolutivo parcial.

Dopfer, Foster y Potts (2004) refieren al nivel micro en como la microeconomía evolutiva se ocupa del cambio distintivo en las bases de conocimiento de las micro unidades. Este nivel

analiza los procesos de origen, adopción y retención de nuevas reglas operativas en un transportista – agente o agencia –, las llamadas micro trayectorias (Dopfer, Foster y Potts, 2004). Se considera que el origen de una micro trayectoria son las capacidades creativas y la curiosidad individual de una micro unidad que puede resultar en el surgimiento de una nueva regla (Dopfer, Foster y Potts, 2004).

En el nivel meso ocurren los cambios estructurales y cualitativos más determinantes del sistema económico, dado que allí es donde ocurren las relaciones entre los actores económicos (Dopfer, Foster y Potts, 2004). Dosi (1982), Rosenberg (1982), Soete (1984), Pavitt (1984), Freeman (1987), Lundvall (1992), Archibugi y Pianta (1996), Pérez (2010), Mazzucato (2013) han enfatizado sus estudios en el nivel micro del sistema económico, abordando particularmente dos elementos: la innovación y el espíritu empresarial. En este nivel se analizan cuestiones relacionadas con la forma de actuación de los actores económicos: toma de decisiones, asignación de recursos, direccionamiento del capital, entre otros (Dopfer, Foster y Potts, 2004).

En la clasificación del sistema económico evolutivo se abordan nociones de la innovación que son elementales para comprender dicho proceso (Dopfer et al., 2004). Un primer elemento es la relación precio del producto y la innovación (Dopfer et al., 2004). Dentro del esquema del sistema evolutivo de la economía, Dopfer et al. (2004) enfatizan en el valor de la competencia como elemento económico que mueve a través del precio el interés de los actores económicos. Según Dopfer (et al. (2004) la innovación superaría las condiciones limitantes para el establecimiento de un precio competitivo. Sobre el precio Schumpeter (1939, 1967) afirma que la innovación modifica y desarrolla las estructuras económicas generando un desequilibrio a través de la destrucción creativa.

Un segundo elemento lo constituye la “incertidumbre”, entendida esta como un elemento de la complejidad del proceso de innovación (Nelson y Winter, 1982). Para Nelson y Winter (1982), Schumpeter (1939, 1967) y Knight (1921) aún cuando la naturaleza de la innovación es incierta y contempla perdedores y ganadores, no se pueden desestimar los comportamientos complejos que se generan en este proceso (Shackle, 1949). La noción de incertidumbre fue introducida en economía por Keynes (1921) y Knight (1921). Dichos autores pensaron que debería existir una diferencia entre riesgo e incertidumbre. El riesgo se caracteriza por tener el conocimiento de los posibles eventos futuros o consecuencias en una acción o decisión (Keynes, 1921 y Knight, 1921). No obstante, los eventos que efectivamente se materializarán son desconocidos de antemano (Keynes, 1921 y Knight, 1921). En caso de riesgo, el cálculo de probabilidad es aplicable y proporciona una base sólida para la gestión de riesgos, el análisis de costos-beneficios, la planificación presupuestaria, etc. Tanto Keynes (1921) y Knight (1921) argumentaron que frecuentemente en las decisiones humanas no se pueden conocer todos los resultados posibles de una acción o decisión. Estos son casos de incertidumbre (Keynes, 1921 y Knight, 1921).

Un poco más allá de estas consideraciones operativas del enfoque evolutivo, es importante resaltar la perspectiva de la escuela evolucionista sobre el concepto mismo de la innovación. Desde Knight (1921), Shackle (1949) pasando por Dopfer et al., (2004), Hanusch y Pyka (2006) hasta⁵⁷ Valenduc (2018) la innovación como concepto para la escuela neoshumpeteriana es abordada de diferentes perspectivas: la innovación tecnológica, la

⁵⁷ Dosi (1982), Rosenberg (1982), Soete (1984), Pavitt (1984), Solow (1986), Freeman (1987), Lundvall (1992), Archibugi y Pianta (1996), Pérez (2010), Mazzucato (2013), Cantner (2018) y Valenduc (2018).

innovación organizativa, la innovación institucional y la innovación social. Cualquiera de sus formas proporciona un impulso al desarrollo del sistema económico (Hanusch y Pyka, 2006).

Una de las líneas de análisis sobre la relación cambio tecnológico e innovación de la escuela evolucionista es que el primero se refleja en todos los niveles de la economía, lo cual supone dedicar una mayor atención a los cambios estructurales expresados en el sistema económico y aquí lo más esencial es suprimir las restricciones que afectan el desarrollo económico para dar paso a nuevos escenarios⁵⁸ (Estrada et al., 2016; Valenduc y Vendramin, 2017 y Valenduc, 2018). El elemento de análisis que le continúa a esta perspectiva es el significado de las transformaciones tecnológicas. Éstas no se presentan de forma continua en el tiempo, sino que, pertenecen, a la idea de “equilibrios marcados” los cuales comprenden fases con desarrollos uniformes y regulares, como también de cambios radicales. Lo anterior se refiere a que estos procesos de desarrollo muestran fuertes no linealidades y efectos de retroalimentación positivos que son responsables de la formación de patrones y otras formas de estructuración espontánea, es decir, no son completamente erráticos, incluso si el éxito innovador por su propia naturaleza se caracteriza por una fuerte incertidumbre (Hanusch y Pyka, 2006). Claramente, estos elementos constitutivos deben considerarse en combinación: la formación de patrones es el mecanismo de ordenación de las actividades económicas (Hanusch y Pyka, 2006).

Otro aspecto vinculante al cambio tecnológico son los ciclos económicos dentro del sistema financiero. Autores como Kondratieff (1926) analizan la conformación de “ondas largas” o ciclos que se forman incorporando aspectos de las finanzas en las organizaciones.

⁵⁸ El tema de las restricciones generadas por el cambio tecnológico, se abordará en este capítulo en el tema 3.3.2 El funcionamiento del SNI y su relación con el cambio tecnológico: Relevancia y premisas.

Se entiende por “ondas largas” el resultado de la resistencia a diversas transformaciones tecnológicas, especialmente si están enmarcadas en cambios tecnológicos altamente transformativos de la economía (Tapias, 1996 y Aguirre, 2017).

Pérez (2018a) profundiza sobre las “ondas largas” cuando afirma que los cambios constantes en el crecimiento económico se conforman en ciclos económicos impulsados por el cambio técnico. Pérez (2010) demuestra el ciclo de las ondas largas haciendo un análisis longitudinal de la evolución económica impulsada por la tecnología – Ver tabla 3.1 –.

Tabla 3.1

Ciclo ondas largas. Periodo de instalación y despliegue de cada oleada de desarrollo

Gran Oleada	Revolución tecno. País núcleo	Instalación		Reacomodo	Despliegue	
		Irrupción	Frenesí		Sinergia	Madurez
1ra	Revolución industrial. Inglaterra	1771 (setentas e inicio de ochentas)	fines ochentas inicio noventas	1793-1797	1798-1812	1813-1829
2da	Máquina de vapor y ferrocarriles (EE. UU)	1829- (treintas)	década cuarentas	1848-1850	1850-1857	1857-1873
3ra	Acero ing. pesada EE. UU-Alemania	1875-1884	1884-1893	1893-1895	1895-1907	1908-1918
4ta	Petróleo, automóvil, prod. en masa (EE. UU)	1908-1920*	1920-1929	1929-1933; 1929-1943	1943-1959	1960-1974*
5ta	Informática y telecomunicaciones (EE. UU a Europa y Asia)	1971-1987*	1987-2001	2001-??	20??	

Fuente: Tomado de: Pérez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. Cambridge Journal of Economics, Vol. 34, No.1, pp. 185-202

La premisa inicial que orienta la comprensión de la información mostrada de la tabla 3.1 es que en los últimos doscientos años han surgido cinco revoluciones tecnológicas (Pérez, 2010). La primera, se inicia en el año de 1771 – revolución industrial –, se caracterizó por la aparición de fábricas donde la maquinaria fue una de las expresiones más concretas de la tecnología (Pérez, 2010). La segunda inicia en 1929 – era del vapor –, sus características principales fueron el desarrollo de la industria del carbón, hierro y ferrocarril (Pérez, 2010). La tercera revolución ocurre en 1875 – era de acero e ingeniería pesada –, sus características fueron los ferrocarriles transcontinentales, barcos de vapor rápidos y telégrafo transoceánico (Pérez, 2010). En esta revolución se comienzan a ver los inicios de la globalización. La cuarta revolución toma lugar en 1908 - era del automóvil y producción en masa – siendo sus características principales: el petróleo barato y los plásticos (Pérez, 2010). La quinta revolución tiene sus comicios en 1970 – era de las computadoras, tecnología de la información y telecomunicaciones – su característica ha sido el desarrollo de algoritmos, datos e información (Pérez, 2010).

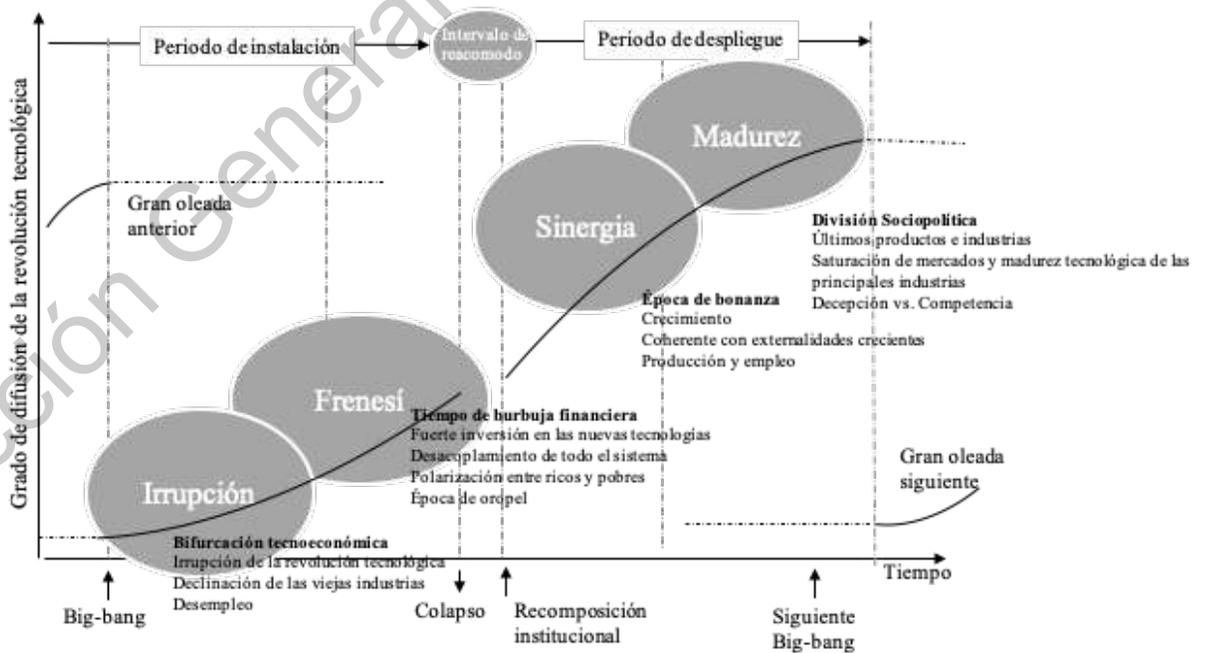
El desarrollo de estas revoluciones tecnológicas se concibe como “ondas largas” que van apareciendo de forma sucesiva a lo largo del tiempo y en las diferentes revoluciones tecnológicas acontecidas (Pérez, 2010). La noción de “ondas largas” son trabajadas con profundidad también por Tapia (1996), quien afirma que la onda larga más reciente comenzó con la gran depresión de 1929 y su último período o colapso se inicia aproximadamente en 1975. Las ondas largas surgen, por lo tanto, a lo largo de periodos hasta que ocurran cambios evidenciados claramente; es por ello, que cuando se habla de una economía fuerte se precisa la existencia de este tipo de ondas (Tapia, 1996 y Pérez, 2010).

Por su parte, Mandel (1986) menciona que los estudios de ondas largas surgen dentro de periodos históricos diferenciados, especialmente desde una perspectiva cualitativa en la cual se evidencia una metodología monopólica e incluso tardía del capitalismo. En efecto, Mandel (1986) se refiere al capitalismo tardío caracterizado por la innovación tecnológica y sus ganancias. Las ondas largas generan una reducción del tiempo de rotación del capital fijo, lo cual es un indicio de que el cambio tecnológico genera al mismo tiempo cambios tecnológicos que influyen notablemente en la estructura organizacional, estructura de costos, aplicaciones y nivel de producción alcanzado por las empresas (Mandel, 1986 y Jiménez-Barrera, 2018).

En torno hasta lo ahora señalado sobre las ondas largas, Rosenberg y Frischtak (1984) difieren de tales enfoques. Ambos están de acuerdo en que una teoría de ciclos largos basada principalmente en determinantes tecnológicos, no ha existido, por lo tanto, las ondas largas son sólo accidentes históricos. Rosenberg y Frischtak (1984) profundizan la crítica afirmando que hasta ahora no han existido las condiciones para que los ciclos largos puedan presentarse. Dichas condiciones de acuerdo a Rosenberg y Frischtak (1984) serían las siguientes: 1) La causalidad en la relación crecimiento e innovación; 2) La sincronización de las innovaciones, dado que hasta ahora las innovaciones principales varían en términos de su tasa de difusión y su regularidad temporal, solo puede provenir de los efectos macroeconómicos en el momento de la innovación y no por otra vía; 3) Los enlaces relacionados con los cambios particulares en la tecnología y que debieran influir en el desempeño de la macroeconomía y 4) la repetición no solo de que las innovaciones crean ondas largas sino que tales ondas se repiten.

Aún cuando las críticas sobre los ciclos económicos han generado una discusión en el campo de los estudios de innovación, el enfoque evolucionista de la innovación paralelamente fortalecía los avances teóricos anteriormente desarrollados sobre las ondas largas o revoluciones tecnológicas. En ese sentido ha sido necesario profundizar aún más sobre las revoluciones tecnológicas. Pérez (2004, 2010) lo analiza haciendo referencia al paradigma tecno-económico que se desarrolla hasta los tiempos actuales, y lo estructura en dos fases: a) fase de instalación y 2) fase de despliegue. En cada fase se desprenden adicionalmente sub-fases: a) La fase de instalación: sub-fase de irrupción y sub-fase de frenesí, manía o burbuja y b) Fase de despliegue: sub-fase de sinergia y sub-fase de madurez (Ver figura 3.2).

Figura 3.2 Fases de comportamiento de las revoluciones tecnológicas



Fuente: Tomado de: Pérez, C. (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. Siglo XXI, p. 79.

La fase de instalación de acuerdo con Pérez (2010, 2004) es definida por un suceso desencadenante conocido como big-bang, que incluso en un entorno donde aún impera el modelo del paradigma anterior, incursiona con tecnologías y productos novedosos causando una especie de metamorfosis en los sistemas de innovación (sub-fase de irrupción). Dentro de ella se observa un aceleramiento en el ritmo de innovación (sub-fase de frenesí) dado por un escenario en el que impera la especulación de las finanzas, donde a su vez no existe una regularización del mercado (Pérez, 2010, 2004). Posteriormente estalla la burbuja financiera trayendo consigo una crisis financiera o recesión, que se caracteriza por tensiones en la estructura del sistema que causa que el paradigma existente no pueda sostenerse, es por ello que las tensiones deben superarse, y una vez que ello ocurra éstas propician el inicio de fase de despliegue (Pérez, 2010, 2004).

Pérez (2004, 2010) señala que entre la fase instalación y la fase de despliegue hay un periodo de reacomodo conocido como punto de inflexión; el cual debe ser comprendido como un periodo transicional en el que eventualmente podría presentarse o un escenario de bonanza ficticio basado en burbujas financieras o un escenario que impulsaría un modelo estable de bonanza. Este periodo puede ser corto, significativamente largo e inclusive dudoso y abierto (Pérez, 2010, 2004). Valenduc (2018) menciona que dicha duración está sujeta al entorno social y político y también al rendimiento y disponibilidad de las nuevas tecnologías.

La fase de despliegue se inicia con el surgimiento completo del nuevo paradigma que ahora permearía (sub-fase de sinergia), esto debido al potencial de la nueva tecnología y la evolución social (Pérez, 2010, 2004). Finalmente, ocurre la entrada de las últimas tecnologías, productos, industrias e innovaciones (sub-fase de madurez). También aquí se puede apreciar cómo las industrias que dieron apertura al nuevo paradigma comienzan a ver

menguadas la oportunidad de inversión y observan el estancamiento del mercado (Pérez, 2010, 2004). Justamente en esta fase se comienzan a visualizar las incipientes innovaciones que habilitarán al paradigma sucesivo (Pérez, 2010, 2004 y Valenduc, 2018).

3.1.3 Singularidad Tecnológica: Hacia una teorización de la digitalización como patrón tecnológico dominante

La singularidad tecnológica se conforma en una aproximación de gran valor teórico para el análisis del progreso tecnológico (Escott, Palacios y Cruz, 2020). Las contribuciones de Orbe (2011) analizan la singularidad tecnológica desde el enfoque de Kurzweil (2012). Orbe (2011) infiere que la singularidad tecnológica se puede concebir como el conjunto de cambios que transforman de manera acelerada estructuras económicas, sociales, culturales y tecnológicas llevando a la sociedad a un escenario futuro totalmente diferentes al que hoy se vive.

De acuerdo con Ulam (1958), las primeras nociones sobre la singularidad tecnológica son atribuidas al físico John von Neumann. El progreso de la tecnología resulta cada vez más acelerado, lo que pareciera aproximarse a una singularidad esencial en la historia de la humanidad (Ulam, 1958). Esto pudo comprobarse en la práctica por Gordon Moore (1965), se trata de una ley de carácter empírico con la que se logró anticipar el comportamiento de los microprocesadores, indicando que aproximadamente cada 18 meses el número de transistores en un circuito integrado se duplica. De tal manera que la Ley de Moore se convirtió en uno de los pilares de la electrónica (Moore, 1965). Sobre esta base en que se desarrollaba la velocidad de las máquinas Good (1966) se aborda la noción de "explosión de inteligencia", proponiendo que, si las máquinas lograran sobresalir sutilmente a la intelectualidad humana, podrían perfeccionarse así mismas, aumentando recursivamente a una inteligencia considerablemente mayor. Aquí, las mejoras iniciales podrían ser pequeñas,

pero a medida que la máquina se tornara más inteligente, los seres humanos deben también ser más inteligentes, y dicha combinación podría llevar a un crecimiento exponencial e inesperado en inteligencia (Good, 1966).

Tiempo después Vinge (1993) populariza el término de “la Singularidad” haciendo una analogía entre el colapso de la física moderna debido a la presencia de una singularidad gravitacional y el cambio drástico. Esto le permitió a Vinge (1993) afirmar que la singularidad significa la creación de inteligencia sobrehumana (inteligencia artificial, la mejora biológica o las interfaces cerebro-computadora).

Los aportes de Kurzweil (2005) son unos de los aportes más significativos sobre la singularidad tecnológica, muy particularmente porque generan elementos hacia una teorización de la digitalización como patrón tecnológico dominante en el contexto de la dinámica del cambio tecnológico (Escott, Palacios y Cruz, 2020).

La Ley de Rendimientos Acelerados (Kurzweil, 2005) se conforma en el aspecto central de su enfoque. Con esta ley el autor explica la razón por la cual la tecnología y los procesos evolutivos generalmente prosperan de forma exponencial. Más detalladamente, se trata de comprender la velocidad de la tecnología y su efecto en la sucesión de eventos continuos capaces de modificar la realidad vivenciada por los seres humanos (Kurzweil, 2005, 2012). Según Kurzweil (2012) existe una excepción en la tecnología inteligente, y es que esta se expande a una tasa exponencial doble. Este crecimiento acelerado permite explicar el ritmo del cambio tecnológico actual (Kurzweil, 2005, 2012).

Para Kurzweil (2012) explicar el crecimiento exponencial de la tecnología parte de la observación misma sobre lo que ha sido el desarrollo tecnológico de la humanidad hasta la actualidad. Por ello, Kurzweil (2012) analiza la cronología tecnológica partiendo desde las

primeras muestras tecnológicas de la humanidad cómo el fuego y la rueda que tardaron miles de años para su desarrollo y dominio hasta los avances actuales generados por la digitalización. De aquí se deduce que es en el siglo XIX la época donde surgieron el mayor número de inventos registrados en la historia, y más adelante en las primeras dos décadas del siglo XX se presenciaron más avances tecnológicos que en el siglo XIX (Kurzweil, 2005, 2012). Para Kurzweil (2012) la diferencia entre el siglo actual y el anterior está en que las tecnologías desarrolladas en la primera década del siglo XXI comenzaron a transformar la economía, la vida social y cultural en pocos años.

El cambio tecnológico actual se presenta en constante aceleración y sus capacidades se expanden a un ritmo que aumenta también cada vez más rápido, impidiendo hacer proyecciones tecnológicas que antes eran posibles (Kurzweil, 2012). Es decir, tal y como ya la advertía Good (1966) la tecnología se ha vuelto recursivamente inteligente. Aquí la digitalización basada en una tasa de crecimiento acumulativo de por lo menos más de cien años generará una tasa de crecimiento exponencial (Kurzweil, 2005, 2012). La singularidad se mantendrá dado que las computadoras se fusionarán exponencialmente entre si y con otras tecnologías, a saber, la genómica, la nanotecnología y la robótica (Kurzweil, 2005, 2012).

Justamente estas características de las tecnologías de información presentan a la digitalización como un patrón tecnológico dominante y que, de acuerdo a la teoría de ciclos económicos y ondas largas, tendría una duración que no puede ser estimada (Escott, Palacios y Cruz, 2020 y Orbe 2011). Los trabajos de Dedrick, Gurbaxani y Kraemer (2003) y Tubella, Casadevall, MCastells, Cusi y Rubio (2004) han analizado que las características de las tecnologías de información se comportan así mismas como una singularidad.

Esto conduce a afirmar que la digitalización no sólo es una forma de expresión de los cambios tecnológicos y de la existencia de un paradigma o una expresión del nuevo sistema capitalista, tampoco significa solamente un modo actual de hacer la innovación y los negocios. La digitalización es más que eso, es una onda tecnológica con alta capacidad de dominio económico, que se desarrolla con alta velocidad y que su permeancia u obsolescencia no es previsible en comparación con otras tecnologías desarrolladas anteriormente. Por lo tanto, la velocidad, la permanencia y la permeabilidad de la digitalización lo hace definir como un patrón tecnológico dominante (Escott, Palacios y Cruz, 2020). Aún cuando la noción de patrón tecnológico dominante no ha sido teóricamente muy profundizada, y dado que apenas los aportes de Pérez (2004) sobre paradigma tecno-económico son los que más se acercan al comportamiento de la digitalización a través de un conjunto de insumos capaces de influir en el sistema económico. Uno de los elementos que también se asemejan al comportamiento de este patrón tecnológicos que constituye una transformación profunda en las formas de organización y producción y en consecuencia cambios constantes en la estrategia de innovación.

El patrón tecnológico dominante puede identificarse por el comportamiento de una tecnología particular y no por su surgimiento o despegue, dado que es en la fase de su desarrollo donde se pueden observar ciertas entidades que lo describen y lo relacionan con su capacidad de dominio. Desde la perspectiva de la singularidad tecnológica por Kurzweil (2012), Dedrick, Gurbaxani y Kraemer (2003) y Tubella, Casadevall, MCastells, Cusi y Rubio (2004), las tecnologías de información han influido en la comunicación, producción y distribución de productos; ha fomentado un nuevo desarrollo de la economía global

integrando y creando mercados nuevos. Estas tecnologías han transformado la vida de las personas y ha producido una aceleración (alta velocidad) en la generación de innovaciones.

Tomando como referencia la figura 3.3 elaborada en el marco referencial que trata sobre las premisas de la digitalización como patrón tecnológico dominante se presenta a continuación una siguiente figura que amplía el conjunto de estas premisas de acuerdo a la perspectiva de la singularidad tecnológica. De esta manera se puede observar que nuevas premisas como por ejemplo los ciclos de vida tecnológicos cortos, reducción permanente de costos y alta distribución de los productos son vinculantes con el desarrollo y recombinación de las tecnologías de información.

Figura 3.3 Premisas aproximativas sobre la digitalización como patrón tecnológico dominante



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Componentes Integrados del Cambio Tecnológico: Nuevas herramientas conceptuales y teóricas para medir patrones tecnológicos

Múltiples son los autores provenientes de distintas disciplinas que han estudiado desde variados enfoques teóricos el cambio tecnológico, mostrando nuevas perspectivas, argumentos, conceptos, metodologías y técnicas de análisis. Aún cuando la literatura sobre el tema es muy amplia, permanece la discusión en el campo de los estudios de innovación sobre la dirección de los cambios tecnológicos y la adaptación de los actores de innovación. Los trabajos de Dosi (1982), Nelson y Winter (1982), Rosenberg (1982), Solow (1986), Mulder, Reschke y Kemp (1999), Verspagen (2004), Pérez (2010), Zeppini (2011), Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012), Kurzweil (2012), Mazzucato (2015), Estrada, Álvarez y Palacios (2016), Schot y Steinmueller (2016), Cantner (2018), Valenduc (2018), Choi, Jeong y Jung (2018), Pérez (2018^a, 2018b, 2018c), entre mucho otros⁵⁹ se concentran en buena parte en el carácter de los patrones tecnológicos que surgen en el contexto de estos cambios y a partir de allí analizan variables políticas, económicas, sociales y ambientales que influyen en el comportamiento de los actores de innovación.

3.2.1 Enfoque metodológico MAGG: Hacia una sistematización y clasificación de las perspectivas teóricas sobre el cambio tecnológico

Para llevar a cabo la revisión de la literatura y lograr sistematizar y clasificar las perspectivas teóricas sobre el cambio tecnológico se optó por aplicar el enfoque metodológico MAGG⁶⁰ de Marquina, Alvarez, Guevara y Guevara (2013), el cual propone a través de cuatro bloques - búsqueda de la literatura, exploración de la literatura, desarrollo

⁵⁹ Soete (1984), Pavitt (1984), Freeman (1987), Lundvall (1992), Archibugi y Pianta (1996), Pérez (2003), Dopfer, Foster, y Potts (2004), Hanusch y Pyka (2006), Mazzucato (2013).

⁶⁰ Enfoque adaptado de Machi y McEvoy (2019) y Hart (2018).

del argumento y crítica de la literatura - edificar una sólida revisión permitiendo establecer las bases para el diseño metodológico de la investigación, así mismo servirá de base para el análisis de los resultados permitiendo el desarrollo de conclusiones y contribuciones valiosas. En la tabla 3.2 se describe como fue aplicada la metodología Marquina, Alvarez, Guevara y Guevara (2013) para esta investigación.

Tabla 3.2 Aplicación de la metodología Marquina, Alvarez, Guevara y Guevara (2013)

<i>Bloques</i>	<i>Búsqueda de la literatura</i>	<i>Exploración de la literatura</i>	<i>Desarrollo del Argumento</i>	<i>Crítica de la literatura</i>
<i>Aplicación de bloques</i>	<p>Paso 1: Identificación del objeto de estudio (Digitalización y nueva dinámica del cambio tecnológico: implicaciones en la gestión de innovación de la educación superior en México).</p> <p>Paso 2: Identificación de literatura específica: orígenes y estado de arte actual del cambio tecnológico.</p> <p>Paso 3: Selección y organización de la información.</p> <p>Paso 4: Selección de literatura que debe ser incluida sobre el tema.</p>	<p>Paso 1: Estudio de la evolución del cambio tecnológico en años recientes.</p> <p>Paso 2: Identificación de nuevos componentes del cambio tecnológico que inciden tanto en el proceso de adaptación tecnológica como en la gestión de innovación.</p>	<p>Paso 1: Clasificación de autores con base a sus enfoques teóricos y sus visiones sobre el cambio tecnológico (sistematizar información sobre sus argumentos).</p> <p>Paso 2: Observación de las formas de interpretación de los autores sobre el tema, exponiendo sus enfoques teóricos y sus visiones sobre el cambio tecnológico.</p> <p>Paso 3: Elaboración sistematizada de la información (Tabla) mostrando los argumentos de cada autor.</p>	<p>Paso 1: Construcción de estructura de información para realizar comparaciones entre las contribuciones de los autores y sus ideas (Identificación de similitudes y diferencias sobre el cambio tecnológico).</p> <p>Paso 2: Diseño de una segunda tabla (estructura de información) para sistematizar los argumentos de los autores permitiendo hacer un análisis más profundo de similitudes y diferencias a partir de la primera tabla.</p> <p>Paso 3: Determinación de argumentos complejos en una tercera tabla (argumentos lógicos, argumentos sencillos generados por la tabla No. 2).</p> <p>Paso 4: Contrastación</p>

Pasos 5: Análisis de la literatura de forma gradual, yendo de una lectura general a una lectura profunda y una específica (énfasis en argumentos, conceptos, perspectivas, elementos, teorías, técnicas, conclusiones, entre otros).

teórica (Comparación de conceptos relevantes de diferentes autores desde diferentes enfoques dejando ver conceptos comunes).

Fuente: Elaboración propia a partir de Marquina, Alvarez, Guevara y Guevara (2013).

A partir del enfoque metodológico MAGG ha sido posible sistematizar y clasificar de forma longitudinal diferentes perspectivas teóricas sobre la dinámica del cambio tecnológico en la segunda década de este siglo y en las que se puede identificar las variables relevantes analizadas (Ver tabla 3.3).

Tabla 3.3

Dinámica del Cambio Tecnológico

Reportes	Variables Relevantes de Análisis
Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> - Competencia tecnológica - Interacción endógena de actores heterogéneos - Diversidad tecnológica - Externalidades de la red - Interacciones sociales - Dinámica del mercado - Política pública (ambiental)
Orbe (2011) / Kurzweil (2012)	<ul style="list-style-type: none"> - Comportamiento exponencial tecnológico
Mulder, Reschke y Kemp (1999); Schot y Steinmueller (2016)	<ul style="list-style-type: none"> - Innovación ecológica y sostenible (Nichos Tecnológicos) - Política de ciencia, tecnología e investigación - I+D para el crecimiento económico - Competitividad + Efectividad del SNI - Cambio transformador (desarrollo sostenible)

Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012); Choi, Jeong y Jung (2018)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Innovaciones radicales a través de conocimiento acumulativo</i> - <i>I+D para sustituir capital</i> - <i>Umbral de conocimiento</i> - <i>Convergencia tecnológica (Identificación de tecnologías + nuevas Inversiones en I+D + desarrollo de programas nacionales)</i>
Negraes (1995) /Dosi (1982) / Pérez (2010) / Valenduc (2018) /	<ul style="list-style-type: none"> - Despliegue de la tecnología condicionada al fin de una crisis económica - Paradigma tecnoeconómico con implicaciones en otros ámbitos de la sociedad y la economía - Transición tecnológica - Economía digital - Sostenibilidad ecológica
Dosi (1982), Van Lente (1993) y Pérez (2001; 2010; 2018a; 2018b; 2018c)	<ul style="list-style-type: none"> - Innovaciones en sectores determinados de la economía + Tecnología dominante. - Cambios tecnológicos dentro de la trayectoria tecnológica - Nexos entre instituciones - Dirección de la estrategia de innovación - Sostenibilidad ambiental - Asimilación Tecnológica - Dirección Tecnológica - Difusión de innovación - Acción del gobierno
Negraes (1995) /Kurzweil (2012) / Pérez (2018b)	<ul style="list-style-type: none"> - Dinámica social, cultural y económica del patrón tecnológico. - Negraes (1995) refiere que la condición social, histórica y cultural mediante la cual es integrada la tecnología. - Patrón tecnológico como generador de nuevas revoluciones tecnológicas.
Cantner (2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Heterogeneidad de actores como “homo agents”. - Pluralidad e interacción de los actores (competencia + cooperación).
Coccia (2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad temporal del producto define su propia evolución tecnológica
Lujan y Moreno (1996) y Mazzucatto (2015, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Prevalencia del Estado + promoción de la política científica. - Sector público como orientador de la política científica (misiones de innovación) - Cambio tecnológico + creación de valor

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de los aportes de Zeppini (2011) se puede reconocer la incidencia del cambio tecnológico en los actores de innovación. Aquí el proceso de toma de decisiones – reacción ante el cambio tecnológico – hace que los actores se presenten como actores económicos. Zeppini (2011) focaliza este proceso desde la visión de competencia tecnológica; el cual se conforma en un fenómeno emergente de toma de decisiones y plantea una perspectiva conductual del cambio tecnológico enfocado en la dinámica no lineal. Dicha dinámica se constituye en un proceso de interrelación endógena de actores heterogéneos frente a la diversidad tecnológica (Zeppini, 2011). Zeppini (2011) sugiere que en la dinámica del

cambio tecnológico existen mecanismos que conducen a los ciclos de retroalimentación de decisiones tales como las externalidades de la red, las interacciones sociales, la dinámica del mercado y la transformación de la política.

Sobre el carácter del patrón tecnológico que se origina están los aportes de Kurzweil⁶¹ (2012). A través de la Ley de Aceleración Exponencial de la Tecnología se comprueba que tanto la tecnología como los procesos evolutivos se asemejan en la forma exponencial de como ellos se manifiestan (Kurzweil, 2012). Aquí, las tecnologías de información se constituyen en un factor exponencial de crecimiento de la innovación que no es describable por su alta velocidad y complejidad en las formas de adaptación por parte de los actores económicos (Kurzweil, 2012). La singularidad tecnológica que se concibe como la arquitectura explicativa de este fenómeno se conforma en una de las bases teóricas para abordar las tecnologías de información como patrón tecnológico dominante (Kurzweil, 2012).

La sostenibilidad ecológica se presenta en el contexto de los cambios tecnológicos actuales como una de las variables mas significativas para el proceso de adaptación de los actores de innovación. En su momento, la noción de “nicho tecnológico” (Mulder, Reschke y Kemp, 1999) abordó la innovación ecológica y sostenible como base del crecimiento económico. Mulder, Reschke y Kemp (1999) proponían la creación de espacios semiprotegidos, como forma para abrir espacios a las nuevas tecnologías en donde no sólo se generarán innovaciones radicales, sino que, además, se ejerciera el control ambiental y la mejora de eficiencia ecológica.

⁶¹ Sobre esto se profundizó en el tema 3.1.3 Singularidad Tecnológica: Hacia una teorización de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Más adelante Schot y Steinmueller (2016) dieron con sus aportes un valor político a la necesidad de asimilar y aprovechar los cambios tecnológicos para desarrollar la sostenibilidad ecológica. Ellos establecieron tres enfoques relacionados con la política de ciencia, tecnología e investigación: 1) el apoyo gubernamental de la ciencia e I+D para contribuir al crecimiento económico; 2) la promoción de la competitividad integrando los sistemas nacionales de innovación; y 3) promover el “cambio transformador” a través de políticas públicas para enfrentar los problemas ambientales y sociales contemporáneos (Schot y Steinmueller, 2016). Schot y Steinmueller (2016) mencionan que actualmente se refleja en la práctica gubernamental global una mezcla de estos tres enfoques, pero el imperativo que los une es la política para el desarrollo sostenible, vista ésta como una variable para el cambio transformador. Schot y Steinmueller (2016) afirman que se trata de un cambio radical del sistema económico y social integrando políticas de carácter transversal, como por ejemplo las políticas ambientales y de desarrollo sostenible.

Por su parte, Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012) afirman que el crecimiento económico tiene fluctuaciones de tipo endógenas a través de dos fuerzas impulsoras: a) la inversión endógena y b) el umbral de conocimiento. A través de la inversión endógena en I+D se genera un nuevo conocimiento acumulativo y cuando este conocimiento adquiere un cierto umbral o está dispuesto para la innovación, se originan innovaciones radicales que habilitan un desarrollo de la productividad mediante la sustitución de un nuevo capital (Villafranca et al., 2012). Esto quiere decir, que la demora en el surgimiento de una nueva tecnología es provocada o porque se destina pocos recursos a la inversión en I+D, o porque el umbral de conocimiento necesario está demasiado lejos del estado actual de conocimiento

existente en los actores de innovación locales, de acuerdo a la geografía y capacidad innovativa de un país.

La I+D ejerce un grado de influencia, no sólo en la generación de nuevos cambios tecnológico, también dentro de la dinámica de innovación que desarrollan los actores dentro del Sistema Nacional de Innovación. Los reportes de Choi, Jeong y Jung (2018) hacen énfasis a la inversión en la I+D, utilizando el enfoque de “redes de convergencia de tecnología”, las cuales se conciben como una estrategia que identifica tecnologías claves y que permiten sustentar una orientación futura de la I+D y que a su vez facilita el diseño y planeación de programas de tipo nacional. De acuerdo a Choi, Jeong y Jung (2018) esto permite cambiar tanto la orientación como la función de la tecnología en la sociedad contemporánea.

Valenduc (2018) aborda algunas nociones similares relacionadas con las de Fatás-Villafranca et al. (2012), partiendo de la premisa que la sociedad global vive una nueva revolución tecnológica orientada por la economía digital – paradigma tecnoeconómico –; y es a través de ella que se podrían superar tensiones sociales, económicas y ambientales para poder ingresar a una fase de desarrollo – despliegue de esta tecnología –. Esto quiere decir, que cualquier revolución tecnológica se genera en condiciones sociales, económicas y culturales específicas (Negraes, 1995).

Según Valenduc (2018) el despliegue de la tecnología es habilitado únicamente al momento que se haya superado la crisis económicamente que ha tenido lugar en las primeras dos décadas del siglo XXI. Esta perspectiva está directamente vinculada con lo ya trabajada por Pérez (2010) cuando afirmaba que el cambio tecnológico ejercía una dinámica particular. Dosi (1982) denominó este comportamiento como “trayectoria tecnológica o paradigma” y representa el camino a través del cual acontecen las innovaciones en un determinado sector

de la economía y a partir de allí es cuando se constituye el ritmo y dirección del cambio tecnológico (Pérez, 2010).

Esta corriente de pensamiento se ha fortalecido posteriormente y sobre todo a partir del carácter que ha tomado la digitalización como patrón tecnológico dominante (Pérez, 2018^a; 2018b; 2018c). Muy particularmente a partir de las afirmaciones hechas por Brynjolfsson y McAfee (2015)⁶² sobre los cambios globales que está generando y generaría la digitalización. Pérez (2018^a, 2018b, 2018c) ha abierto una discusión en el campo de los estudios de innovación aludiendo al cambio que se observa en el análisis sobre el cambio tecnológico, afirmando que antes se analizaba el crecimiento económico como efecto directo de los cambios tecnológicos (Dosi, 1982; Rosenberg, 1982; Soete, 1984; Pavitt, 1984; Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Archibugi y Pianta, 1996; Pérez, 2010; Valenduc, 2018 y Verspagen, 2004). Ahora dicho crecimiento se analiza desde el análisis específico de la tecnología dominante en si misma: sus interrelaciones, sus patrones de difusión e impacto en la dirección de la innovación, transformaciones en la organización, forma en que influyen en el empleo y la vida social, cambio en la estructura de los mercados, acción del gobierno en la economía y ecología, entre otros (Pérez, 2010 y Valenduc, 2018).

Tal como ya antes lo inferían Van Lente (1993) y Negraes (1995), lo que Pérez (2018^a, 2018b, 2018c) sugiere es que la dinámica actual de cambio tecnológico continúe siendo medida por la trayectoria de la tecnología, los nexos entre instituciones, el proceso de

⁶² Brynjolfsson y McAfee (2015) argumentan que ahora estamos en una nueva era en la que las máquinas están reemplazando el poder del cerebro humano, y contrastan esto con un primer período de industrialización en el que las máquinas reemplazaron el poder muscular humano y animal.

asimilación de tecnología, la dirección de la estrategia de innovación, la sostenibilidad ambiental, la difusión de la innovación y los patrones de acción del gobierno.

Cantner (2018) siguiendo un enfoque schumpetereano y de tipo mixto combinando las nociones tanto de Van Lente (1993), Pérez (2018a; 2018b; 2018c) como de Dosi (1982), Rosenberg (1982), Soete (1984), Pavitt (1984), Freeman (1987), Lundvall (1992), Archibugi y Pianta (1996), Pérez (2010), Valenduc (2018) y Verspagen (2004), ha identificado elementos básicos de la teoría del cambio económico incluyendo y relacionando hallazgos de tres enfoques de la economía: a) la evolutiva; b) la del comportamiento; y c) la de la complejidad. En estas tres nociones predomina el cambio tecnológico y se comprende sus efectos en los actores: heterogeneidad - homo agents -, interacción, competencia y cooperación.

La “pluralización” del actor de cambio es quizás el elemento más atractivo en el reporte de Cantner (2018) particularmente porque a diferencia de Schumpeter quien se refería al emprendedor como una sola entidad – empresa o persona –, en la actualidad los actores económicos poseen diferentes identidades: empresa, grupos, investigadores, centros de investigación u otras formas de organización.

Coccia (2018) menciona que el progreso tecnológico o la evolución tecnológica del producto viene dado por el cambio en su calidad durante un período de tiempo (Coccia, 2018). Aquí ocurren incrementos positivos en los niveles de características técnicas del producto (Coccia, 2018). A partir de esta consideración Coccia (2018) relaciona el producto con la evolución tecnológica, afirmando que la calidad que presenta el producto determinará al mismo tiempo su evolución. Estos elementos de análisis tienen su basamento en los aportes de Solow (1957) cuando se refería a los cambios técnicos y sus efectos en la función de

producción. Lo que posteriormente se desprende de estos enfoques es el conocer las condiciones que debe tener el empresario o los actores económicos para crear la capacidad innovativa que determina la calidad del producto (Coccia, 2018).

Finalmente, con los aportes de Lujan y Moreno (1996) se intentó transformar la noción del cambio tecnológico sugiriendo colocar a la tecnología como elemento vital de la acción del poder público. Esta nueva visión recibió en su momento el nombre de enfoque prescriptivo y le dio un valor económico a la actividad científica promovida por el Estado (Lujan y Moreno, 1996). Este enfoque – aun cuando fue planteado hace más de dos décadas - ha intentado replantearse en la actualidad con los aportes de Mazzucato (2013b, 2015, 2016, 2019) en donde el sector público pasa a ser en el contexto de los cambios tecnológicos el actor más relevante tanto para orientar la inversión en innovación como para controlar los efectos de esta inversión en el desarrollo social inclusivo y sostenibilidad ambiental. La nueva forma de creación de valor es concebida por Mazzucato⁶³ (2018) como una acción que transformaría la dinámica capitalista actual; otorgándole a los actores de innovación una nueva función que al mismo tiempo fomentaría la creatividad y la capacidad innovativa.

3.2.2 Contrastación teórica: Identificación de variables expresadas en componentes integrados del cambio tecnológico

A partir de la sistematización teórica de la dinámica del cambio tecnológico se aplica la siguiente etapa del enfoque metodológico MAGG⁶⁵ de Marquina, Alvarez, Guevara y Guevara (2013) denominado crítica de la literatura. Este enfoque tiene como objetivo la contrastación de teorías (Marquina, et al., 2013). Aquí se integran perspectivas, enfoques,

⁶³ En el tema 3.3.2 y 3.3.3 se profundizará sobre el enfoque innovación del sector público.

⁶⁵ Enfoque adaptado de Machi y McEvoy (2019) y Hart (2018).

nociones, conceptos elementales abordados por los autores citados anteriormente y expresados en la tabla 3.3 como variables relevantes de análisis, y que en esta siguiente etapa se leerán como trayectoria de los componentes integrados. Tales trayectorias se refieren a la forma como se expresan los componentes integrados de acuerdo a la literatura revisada.

La contrastación teórica se produce aquí a través de la unificación como la selección no unificada de variables teóricas sobre el cambio tecnológico (Ver Tabla 3.4) y que para efecto de este trabajo se expresarán como “Componentes Integrados” del cambio tecnológico (Escott, Palacios y Cruz, 2020).

Tabla 3.4

Dinámica del Cambio Tecnológico

Componentes Integrados	Trayectoria de los Componentes Integrados
Heterogeneidad de los actores – homo agents (1) - Cantner (2018) / Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Invencción •Innovación •Adopción de tecnología •Redes heterogéneas
Pluralidad e Interacción de los actores y competencia y cooperación (2) Cantner (2018)	<ul style="list-style-type: none"> •Transacciones y relaciones externas al mercado
Competencia tecnológica (3) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Actores económicos
Diversidad Tecnológica (4) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Innovación tecnológica recombinante •Innovación mediante fusión tecnológica
Externalidades de la red (5) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Ciclos de retroalimentación de decisiones •Valor tecnológico medido por usuarios
Interacciones sociales (6) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Retroalimentación de decisiones •Adopción tecnológica por formación de nuevos hábitos sociales
Dinámica del mercado (7) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Comportamiento de actores determinado por condiciones del mercado. •La innovación orientada por comportamiento de sus actores
Política ambiental (Sostenibilidad) (8) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Estándares tecnológicos flexibles

Componentes Integrados	Trayectoria de los Componentes Integrados
<p>Convergencia tecnológica (Nicho Tecnológico) + Innovaciones radicales (9)</p> <p>Fatás-Villafranca, Jarne, y Sánchez-Chóliz (2012) / Choi, Jeong y Jung (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Inversión empresarial a través de fusión de tecnologías
<p>Inversión endógena en I+D (10)</p> <p>Mulder, Reschke y Kemp (1999) / Fatás-Villafranca, Jarne, y Sánchez-Chóliz (2012) / Schot y Steinmueller (2016) / Choi, Jeong y Jung (2018) / Schot y Steinmueller (2016) Mazzucatto (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendizaje organizacional y de producción (Rutinas Operativas) como variable de orientación para la inversión en I+D. - Sustitución de capital mediante I+D - El Estado promotor de la inversión en I+D
<p>Umbral de conocimiento (Conocimiento como imperativo de la innovación) (11)</p> <p>Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Potencial tecnológico generado por conocimiento acumulativo
<p>Transición Tecnológica y y Despliegue de Tecnología (12)</p> <p>Dosi (1982) / Pérez (2018^a, 2018b, 2018c) / Valenduc (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Maduración tecnológica por input de tecnologías
<p>Punto de inflexión (13)</p> <p>Dosi (1982) / Pérez (2018^a, 2018b 2018c) / Valenduc (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Transición tecnológica, Instalación y despliegue de tecnología
<p>Economía digital (14)</p> <p>Valenduc (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Digitalización como patrón tecnológico en transición
<p>Desarrollo sostenible (Innovación Ecológica) (15)</p> <p>- Mulder, Reschke y Kemp (1999) / Schot y Steinmueller (2016) / Mazzucatto (2015)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Trayectorias tecnológicas alternativas •Aparición de nuevos patrones de producción y consumo •La tecnología verde como régimen tecnológico
<p>Evolución tecnológica por calidad del producto (16)</p> <p>Coccia (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Calidad temporal del producto define su propia evolución tecnológica
<p>Trayectoria tecnológica (17)</p> <p>Dosi (1982) / Van Lente (1993) Pérez (2001, 2018^a, 2018b 2018c) / Valenduc (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Adaptación de actores del SNI a la digitalización •Nuevos productos con aplicaciones parecidas (Innovaciones incrementales).
<p>Paradigma tecnológico (18)</p> <p>Van Lente (1993) / Kurzweil (2012) / Pérez (2001, 2018^a, 2018b 2018c) / Valenduc (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Paradigma tecnológico como patrón tecnológico
<p>Nexos entre instituciones (Redes) (19)</p> <p>Van Lente (1993) / Zeppini (2011) Cantner (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Coalición y coordinación entre actores •Información de actores para definir formas de actuación
<p>Asimilación tecnológica (20)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Despliegue de las industrias con base al contexto socioeconómico e institucional.

Componentes Integrados	Trayectoria de los Componentes Integrados
Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b, 2018c)	•Efectos sociales del nuevo despliegue tecnológico
Dirección tecnológica (21)	•Propagación rentable del paradigma tecnológico
Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b, 2018c)	•Propagación tecnológica en grupos de usuarios.
Difusión tecnológica (22)	•Difusión tecnológica gradual producto de cambios organizativos y técnicos
Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	
Patrón tecnológico (23)	
Negraes (1995) / Kurzweil (2012) / Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	•Revoluciones tecnológicas diferenciadas
Acción del gobierno (Steering Function en el SNI) (24)	•Potencial transformador del paradigma por el contexto socio-institucional.
Pérez Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)/ Mazzucatto (2015; 2018)	•Innovaciones generadas por demandas. •El Estado como promotor de la innovación.
Política Científica (25)	•Tecnología como instrumento de poder político.
Lujan y Moreno (1996) Mazzucatto (2015; 2018)	•Política científica generada por la evolución paralela de tecnologías e instituciones. •La I+D bajo la dirección de los gobiernos
Comportamiento exponencial tecnológico (26)	•Aceleración exponencial de tecnología
Kurzweil (2012)	

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de la literatura.

Las variables no unificadas del cambio tecnológico se refieren aquí al conjunto de abstracciones teóricas que se concentran en los aportes de alguno de los autores citados y cuya validez y resonancia es significativa en el campo de los estudios de innovación sobre el cambio tecnológico. Así tenemos que por ejemplo los aportes tanto de Zeppini (2011) y Pérez (2001, 2010, 2018^a, 2018b, 2018c) son al mismo tiempo citados por Schot y Steinmueller (2016), Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012), Choi, Jeong y Jung (2018), Pérez (2010), Valenduc (2018), Cantner (2018), Mazzucatto (2015; 2018), entre muchos otros.

Una vez realizada la contrastación teórica se procede a la definición de las variables identificadas en concordancia con las perspectivas y enfoques teóricos desarrollados sobre las variables por parte de los diferentes autores seleccionados (Ver tabla 3.5). Aquí se incluyen las variables identificados por parte de los diferentes autores seleccionados.

Tabla 3.5

Definición de Variables (Componentes Integrados del Cambio Tecnológico)

Variables (componentes integrados)	Definición
Heterogeneidad de los actores – homo agents (1) - Cantner (2018) / Zeppini (2011)	Unidad micro o una entidad más grande que induce – como inventor e innovador de nuevas ideas – y / o propaga el cambio – como imitador y adoptador de la novedad con base a redes de cooperación.
Pluralidad e Interacción de los actores y competencia y cooperación (2) Cantner (2018)	Interacción que incorpora a nuevos actores que no están directamente involucrados en las transacciones y relaciones de competencia y mercado.
Competencia tecnológica (3) Zeppini (2011)	Fenómeno emergente que se utiliza para la toma de decisiones por parte de los agentes económicos.
Diversidad Tecnológica (4) Zeppini (2011)	Se basa en la tecnología recombinante, donde dos o más tecnologías se integran dando origen a una tercera tecnología innovadora que no presenta las mismas características de las tecnologías que le dieron origen.
Externalidades de la red (5) Zeppini (2011)	Ciclos de retroalimentación de decisiones que ocurren al momento que el valor de una tecnología aumenta por el número de usuarios que la utilizan.
Interacciones sociales (6) Zeppini (2011)	Proceso de relacionamiento impulsado por la adopción de la tecnología basado en hábitos de comunicación social.
Dinámica del mercado (7) Zeppini (2011)	Condiciones del mercado y características de comportamiento de los agentes que causan una prevalencia de innovación o imitación.
Política ambiental (Sostenibilidad) (8) Zeppini (2011)	Combinación sistemática con las políticas de innovación, capaz de flexibilizar los estándares tecnológicos para contribuir a la disminución del impacto ambiental.
Convergencia tecnológica (Nicho Tecnológico) + Innovaciones radicales (9) Fatás-Villafranca, Jarne, y Sánchez-Chóliz (2012) / Choi, Jeong y Jung (2018)	Cruce de diferentes campos de la tecnología que permite la focalización de los campos tecnológicos claves de convergencia lo cual puede ser usado como guía para priorizar la inversión en innovación.
Inversión endógena en I+D (10) Mulder, Reschke y Kemp (1999) / Fatás-Villafranca, Jarne, y Sánchez-Chóliz (2012) / Schot y Steinmueller (2016) / Choi, Jeong y Jung (2018) / Schot y Steinmueller (2016) Mazzucatto (2018)	Asignación de recursos donde una proporción de las ganancias son distribuidas a los propietarios del capital en forma de rentas y la otra dedicada al capital físico e intangibles.
Umbral de conocimiento (Conocimiento como imperativo de la innovación) (11) Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012)	Nuevo conocimiento acumulativo capaz de producir un salto en el potencial tecnológico de la economía y genera un nuevo paradigma tecnológico.
Transición Tecnológica y y Despliegue de Tecnología (12) Dosi (1982) / Pérez (2018 ^a , 2018b, 2018c) / Valenduc (2018)	Periodo en el cual las tecnologías van quedando obsoletas por la llegada de nuevos programas y recursos tecnológicos innovadores (difusión de innovación).
Punto de inflexión (13) Dosi (1982) / Pérez (2018 ^a , 2018b, 2018c) / Valenduc (2018)	Periodo transicional que representa el momento entre la fase de instalación y de despliegue de una tecnología.
Economía digital (14) Valenduc (2018)	Proceso de transición económica caracterizado por la renta de tecnologías de información y comunicación que actúan de forma combinada.
Desarrollo sostenible (Innovación Ecológica) (15) - Mulder, Reschke y Kemp (1999) / Schot y Steinmueller (2016) / Mazzucatto (2015)	Procesos sustentados en trayectorias tecnológicas alternativas vinculadas a los problemas ambientales, capaces de cambiar el régimen o patrón tecnológico existente.

Variables (componentes integrados)	Definición
Evolución tecnológica por calidad del producto (16) Coccia (2018)	Incrementos positivos en los niveles de características técnicas del producto que conducen a un aumento en su calidad.
Trayectoria tecnológica (17) Dosi (1982) / Van Lente (1993) Pérez (2001, 2018^a, 2018b 2018c) / Valenduc (2018)	Serie de productos con aplicaciones parecidas.
Paradigma tecnológico (18) Van Lente (1993) / Kurzweil (2012) / (2001; 2018a; 2018b; 2018c) / Valenduc (2018)	Agrupación de expectativas y nociones heurísticas relacionadas con un patrón tecnológico específico.
Nexos entre instituciones (Redes) (19) Van Lente (1993) / Zeppini (2011) Cantner (2018)	Coalición sólida entre los actores que suministran variación en los procesos de innovación.
Asimilación tecnológica (20) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	Proceso de acumulación de conocimiento capaz de producir cambios en el contexto socioeconómico y el marco socio-institucional, y asimismo el despliegue completo del potencial de creación de riqueza económica.
Dirección tecnológica (21) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	Gestión de recursos tecnológicos capaces de garantizar rentabilidad en el momento apropiado.
Difusión tecnológica (22) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	Proceso mediante el cual una tecnología se propaga en un grupo de usuarios de forma gradual.
Patrón tecnológico (23) Negraes (1995) / Kurzweil (2012) / Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	Condición social, histórica y cultural mediante la cual es integrada una o determinadas tecnologías combinadas.
Acción del gobierno (Steering Function en el SNI) (24) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c) / Mazzucatto (2015; 2018)	Capacidad de un actor de innovación de promover la interacción y generar capacidad innovativa de los otros actores involucrados.
Política Científica (25) Lujan y Moreno (1996) Mazzucatto (2015; 2018)	El poder público como inversionista de la I+D y distribuidor de las ganancias generadas en la sociedad
Comportamiento exponencial tecnológico (26) Kurzweil (2012)	Procesos evolutivos que se desarrolla de forma singular (exponencial) generando nuevas tecnologías en periodos de tiempo muy cortos.

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de la literatura.

3.3 El Sistema Nacional de Innovación (SNI)

3.3.1 Enfoque cualitativo del SNI: Su conexión con el cambio tecnológico

Partiendo de Valdez-Lafarga y León-Balderrama (2015) los estudios de los sistemas de innovación inician su auge en los años ochenta. Unos de los aportes científicos destacados inicialmente sobre este tema han sido los de: Pavitt (1984), Freeman (1982, 1987), Freeman y Pérez (1988), Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg y Soete (1988), Lundvall (1992), Freeman y Soete (1997), Nelson (1993) y Niosi (2002), entre otros. En términos generales estos

aportes han tenido un valor en los estudios de la economía de la innovación y muy particularmente en la relevancia del proceso de la innovación en el desenvolvimiento económico de las empresas. Estos autores han enfocado sus investigaciones en la conceptualización del Sistema Nacional de Innovación (SNI) integrando los elementos que lo componen, sus funciones y naturaleza.

Para Niosi (2002) y Godinho et al. (2006) el SNI tuvo su origen cómo un constructo cualitativo. Su noción arribó con antelación a varios desarrollos tecnológicos ya ocurridos, y su enfoque como instrumento de la política de innovación nacional se exhibía de acuerdo con las particularidades centrales actuales del contexto competitivo (Niosi, 2002 y Godinho et al., 2006). Por su parte Pavitt (1984, 2005) quien ha sido considerado pionero en los estudios sobre la taxonomía del proceso del cambio tecnológico y la innovación hizo aportes significativos en el enfoque cualitativo para analizar el SNI. Pavitt (1984, 2005) logró con estos aportes realizar una descripción de la dinámica de organizaciones innovadoras, con el objetivo de predecir sus actuaciones y sentar bases para analizar políticas de innovación que permitan consolidar el SNI.

Un conjunto de aportes científicos (Pavitt, 1984; Freeman, 1982, 1987; Freeman y Pérez, 1988; Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg y Soete, 1988; Lundvall, 1992; Freeman y Soete, 1997; Nelson, 1993; Niosi, 2002; Godinho et al., 2006 y Valdez-Lafarga y León-Balderrama, 2015) han mostrado cómo la noción del SNI se introdujo originalmente de una manera cualitativa presentando una descripción de la dimensión tecnológica, económica, social e institucional de los actores de innovación en el contexto de las economías desarrolladas⁶⁷. En

⁶⁷ Ver Freeman (1987) donde habla sobre el SNI en Japón. Ver también Lundvall (1992) sobre la economía escandinava.

referencia a ello las investigaciones sobre el tema desarrolladas por Freeman (1987) y Lundvall (1992) evidencian cómo esta noción del SNI se difundió de forma rápida en las economías desarrolladas, muestra de ello es la publicación de Nelson (1993) “National Innovation Systems: A Comparative Analysis”⁶⁸.

Niosi (2002) guardando relación con los aportes de Freeman (1987), Freeman y Pérez (1988), Lundvall (1992), Freeman y Soete (1997), Villazul (2005) y Godinho et al. (2006), dio un impulso adicional a los estudios de innovación, cuando se centró en el valor de la interacción de los actores de innovación dentro del sistema. Niosi (2002) destacó la interacción entre empresas e instituciones, así como la dependencia del rumbo de dichas interacciones. Para Godinho et al. (2006) la noción del SNI, desde su origen, ha sido relacional con el desarrollo de los cambios y patrones tecnológicos emergentes, acompañados de un grupo de tecnologías drásticamente novedosas que empezaban a ser difundidas en el entretejido económico.

Kayal (2008) hace referencia a que la noción del SNI emerge en la última etapa de 1980 en medio de un escenario enmarcado por el estudio de las economías desarrolladas sobre la competitividad de las empresas. El aporte de Kayal (2008) ya contaba también con el aval teórico de las contribuciones anteriores de Freeman (1987), Freeman (1982), Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg y Soete (1988), Lundvall (1992) y Nelson (1993). Con los aportes de Kayal (2008) y Godinho et al. (2006) se ha podido constatar que el SNI es un imperativo para estudiar el cambio tecnológico. Al ser la innovación tecnológica un proceso altamente

⁶⁸ Nelson (1993) analiza la forma en que 17 países diferentes han desarrollado sistemas de innovación tecnológica. Los métodos se comparan no solo en naciones grandes e industrializadas, sino también en países en desarrollo y naciones más pequeñas con altos ingresos.

complejo que emana de la interacción e integración de diversos elementos: individuos, organizaciones, marcos regulatorios, leyes, tradiciones, patrones tecnológicos dominantes, entre otros, es posible que esta interacción ejerza influencia en la economía y en consecuencia genere cambios tecnológicos a partir de la creación de tecnologías emergentes (Kayal, 2008 y Godinho et al., 2006).

De acuerdo a Kayal (2008) establecer un posible orden no pasa sólo por utilizar un enfoque sistémico que permita abordar las interacciones entre ciencia, tecnología e innovación y desarrollo socioeconómico. El SNI debe ser valorado cómo una plataforma esencial para el crecimiento de la economía a largo plazo y requiere de una visión sistémica en donde cada elemento, relaciones y propiedades del sistema mantengan un objetivo común en medio de la dinámica del cambio tecnológico (Kayal, 2008). Lo anteriormente mencionado permite destacar la importancia del enfoque de sistema (Luhmann, 1973). Dentro de este enfoque se infiere que la apreciación evolutiva de la capacidad tecnológica y de rendimiento de los países originan que los elementos de análisis vinculados al SNI estén inmersos en la complejidad (Godinho et al., 2006)⁶⁹.

Con los aportes de Kaya (2008) y otros actores como Schreyögg (2012), Orlikowski (2010) Albers y Gassmann (2011) y Lawrence, Suddaby y Leca (2011) se ha dejado un espacio abierto para la discusión sobre los elementos que actúan en el sistema – interno y externo –, los cuales experimentan un tipo de relacionamiento emanado de la relación SNI y medio ambiente, en donde destaca la dinámica que experimenta el cambio tecnológico.

⁶⁹ Sobre la complejidad de los sistemas están los aportes de: Mc Cann, J.E. and Selsky, J. (1984), Milliken, F, J. (1987), Porter. M.E (1984), Lawrence, T; Suddaby, R; Leca, B (2011), entre otros.

Más específicamente Kayal (2008) resalta la interdependencia de los elementos del sistema y menciona que, en el caso de que un elemento del sistema sea suprimido o que algunas de sus propiedades se modifiquen, los demás elementos integrados al sistema sufrirán también variaciones en sus propiedades y en su relación (Kayal, 2008). Con respecto al uso del término propiedades del SNI utilizado por Kayal (2008), otros actores como Carlsson, Jacobsson, Holmén y Rickne (2002) ya habían realizado trabajos teóricos al respecto. Estos actores relacionaban tales propiedades con los dispositivos de transferencia tecnológica⁷⁰, los cuales se conforman en una pieza que dinamiza las relaciones que surgen dentro del SNI. Las “propiedades” son por lo tanto características de los elementos – actores, naturaleza e intensidad de los vínculos entre ellos – y las relaciones entre sí mismos y son ellas, según (Carlsson et al., 2002) las que definen en buena parte al sistema.

Carlsson et al. (2002) adicionalmente menciona que las características esenciales que permiten entender el sistema guardan una relación con la función o bien con el propósito que desempeña el sistema, al igual que las dimensiones en las que es analizado. Esto permite comprender las funciones principales del SNI: generación, difusión y utilización de la innovación tecnológica y las propiedades primordiales de éste están representadas por la capacidad de los actores en crear, difundir y usar innovaciones tecnológicas que presenten un valor económico (Carlsson et al., 2002).

Uniando los aportes de Carlsson et al. (2002), (Kayal, 2008) y de otros actores como Freeman (1987), Lundvall (1992) y Nelson (1993) se puede observar que el SNI está compuesto por una estructura y naturaleza económica que es relacional con los principios y

⁷⁰ Contratos de Transferencia de Tecnología, Proyectos de I+D+i Colaborativa, Spin-off: Creación de Empresas de Base Tecnológica, Patentes y Modelos de Utilidad (Carlsson et al, 2002).

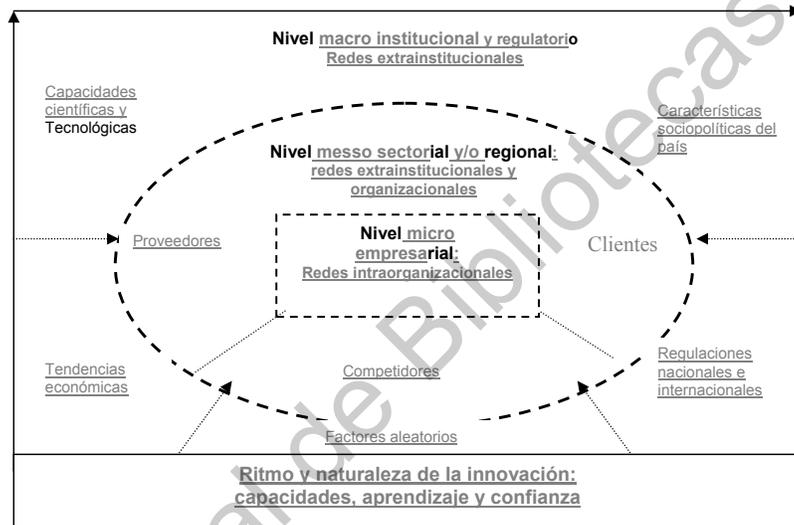
desarrollo de la escuela schumpeterana (Schumpeter, 1911,1961). La innovación es entendida como un proceso complejo generador de riqueza y en donde los actores poseen roles definidos y son vulnerables a los cambios tecnológicos. En este sentido, tanto Carlsson et al. (2002) como Kayal (2008) mencionan que el SNI puede ser concebido en diferentes categorías; nacional, regional, sectorial o tecnológico.

Freeman (1995) establecen que el sistema nacional de innovación es una red de instituciones interconectadas con el propósito de formar, acopiar y transferir conocimiento, destreza y desarrollo que concretan la nueva tecnología y a la vez proporcionan el modelo a través del cual el gobierno deberá diseñar y poner en práctica políticas encaminadas a incentivar los procesos de innovación.

De acuerdo a Asheim y Herstad (2003) y Schremppf, Kaplan y Schroeder (2013) el Sistema Regional de Innovación se comprende como la integración de organizaciones privadas, semiprivadas y públicas que mantienen una interacción con un marco institucional con el objetivo de generar, explotar y difundir conocimiento para apoyar la innovación a nivel regional, este concepto surge en el área de la economía geográfica al pretender entender el rol que juegan los actores de innovación en la concentración regional de actividades de innovación. Por su parte, Malerba (2002) y Schremppf, Kaplan y Schroeder (2013) introducen el concepto de Sistema de Innovación Sectorial – aunque el enfoque tecnológico es atribuido a Carlsson y Stankiewicz (1991) como un sistema que al enfocarse en un sector económico específico genera menor impacto en la actividad de difusión de la innovación en comparación con los sistemas regionales y nacionales.

Con el objetivo de tener una idea más clara de estos tres tipos de sistemas de innovación se muestra la figura 3.4 de Villazul (2005) donde se puede apreciar al conjunto de actores, instituciones y sus relaciones con los componentes del sistemas de innovación.

Figura 3.4 Sistema Nacional de Innovación



Fuente: Extraída de Villazul (2005, p.110).

Villazul (2005) a través de la figura 3.4 expresa el comportamiento de un SNI que va de afuera hacia adentro en tres niveles – macro, meso y micro. El nivel macro esta integrado por los componentes exógenos del sistema: tendencias económicas, relaciones nacionales e internacionales, características sociopolíticas del país, capacidades científicas y tecnológicas, estos componentes constituyen la dimensión institucional (Villazul, 2005). El nivel macro esta integrado por políticas públicas y características del sector y el micro nivel lo constituyen las estrategias de las empresas y organizaciones (Villazul, 2005). Así mismo Villazul (2005) añade a esto que dentro de los tres niveles se generan instrumentos de cooperación,

coordinación y competencia entre los actores – gubernamentales y organizacionales – los cuales propician un contexto que permite originar cambios o progreso a nivel técnico, de las organizaciones, país, región y sector.

Otros reportes sobre SNI caracterizaron otros elementos exógenos al sistema que dinamizaban las interacciones y roles de los actores, haciendo que esta dinámica ejerciera influencia en la generación de los cambios tecnológicos. Entre el conjunto de aportes relacionados con este tema destaca autores como: Villazul (2005), Smith (2005), Godinho et al. (2006), Cantner, Graf y Hinzmann (2013), Mazzucato y Perez (2015) y Estrada et al. (2016), entre muchos otros. No obstante, los aportes de Villazul (2005) resaltan la conexión entre SNI, paradigma tecno-económico y política de ciencia, tecnología de innovación, los cuales al ser analizados de forma integral permiten reconocer el valor del SNI en la generación de las nuevas tecnologías e incluso en la formación de nuevas trayectorias económicas y tecnológicas.

Villazul (2005) al inicio plantea que, para fijar un proyecto nacional científico, tecnológico y de innovación es imprescindible: establecer la dirección, potenciar y orientar recursos y capacidades del sistema. Ello sería posible a través de la interacción de diferentes actores mediante proyectos nacionales de conformidad social que induzcan a lograr una efectiva adaptación al paradigma tecnológico dominante y a perfeccionar la competitividad global. De acuerdo a Villazul (2005) para lograr tales objetivos es imprescindible tanto considerar el enfoque institucional y el enfoque cíclico propuesto por Andersen (1997); que versa sobre la “dimensión evolutiva”, recurre a las nociones del desarrollo de la tecnología, la ciencia y la innovación y analiza el diseño y puesta en marcha de la Política de Ciencia, Tecnología e Innovación en un lugar geográfico determinado.

Para Villazul (2005) el enfoque institucional hace referencia específica al SNI, mientras que el cíclico se refiere a las trayectorias y paradigmas. El enfoque institucional analiza desde una visión coyuntural la relación que guardan los actores de gobierno y organizaciones, así como las redes que forman (Villazul, 2005). El enfoque cíclico hace un análisis dinámico del proceso de innovar partiendo de la evolución y coevolución de la tecnologías y actores que integran el SNI en un corto, mediano y largo plazo (Villazul, 2005). La comprensión de ambos enfoques podría definir políticas de orden público con las que sería posible habilitar espacios para el aprovechamiento de las capacidades y potencial del país (Villazul, 2005). Sobre la función política de la innovación, esta se presenta esencial en el sentido de que se fija de acuerdo con las características del SNI que posee el país (Villazul, 2005). La dimensión evolutiva aborda el diseño y puesta en marcha de la política de ciencia, tecnología e innovación, la cual indica tomar en cuenta tres elementos esenciales: a) el momento en el que acontece y se desarrollan la tecnología; b) características y tipología del SNI; y c) conocer el lugar que ocupa el país en referencia al SNI frente a otros países considerando su capacidad, recursos y prioridades.

El enfoque de analizar el SNI a través de la política de innovación o a través del paradigma tecnológico dominante también ha sido avalado por autores como Pérez (2002). Aquí, tanto en el diseño como en la implementación de la PCTI es imprescindible llevar un análisis del paradigma tecno-económico⁷¹ para lograr comprender y exponer de forma clara la dinámica evolutiva y sistémica de la trayectoria en el proceso de innovación de la tecnología.

⁷¹ Pérez (2010,2004) propone que un paradigma tecno-económico está estructurado en dos fases: instalación y despliegue. De cada fase se desprenden dos sub-fases. La instalación comprende una sub-fase de irrupción seguida de una sub-fase de frenesí, manía o burbuja. A la fase de despliegue le corresponden las sub-fases de sinergia y madurez. Así mismo, entre la fase instalación y despliegue hay un periodo de reacomodo, también conocido como punto de inflexión.

La razón de ser de este enfoque es entender el origen contemporáneo del cambio tecnológico y así dirigir el curso del cambio institucional en una trayectoria eficiente para las organizaciones, empresas, instituciones y países. Villazul (2005) afirma lo siguiente:

“[...]la caracterización de la dimensión evolutiva sintetiza e incluye las dos dimensiones analizadas (dinámica e institucional) y trata sobre todo acerca de la evolución (ciclos) de un SNI del país respecto a otros en el contexto de la evolución (ciclos) de los paradigmas tecno-económicos. La idea es destacar que, durante la trayectoria cíclica de las tecnologías, se conforman paradigmas tecno-económicos que surgen a partir de las características de los SNI de los países que impulsan dicho paradigma conformando una determinada ola de expansión”[...] (p.110)

Villazul (2005) señala que las capacidades del SNI en sus diferentes niveles⁷² macro, micro y meso impactan en cómo se conforman: el paradigma tecno-económico, paradigma tecnológico y la trayectoria. Esto significa que en cada SNI se originan y se redefinen las capacidades de la nación, industria y empresa, lo cual sienta las bases para conformar el paradigma tecno-económico, paradigma tecnológico y su trayectoria (Villazul, 2005). La tabla 3.6 presenta el enfoque institucional, cíclico y la propuesta de la dimensión evolutiva de acuerdo a los aportes de Villazul (2005).

⁷² Véase figura 3.4.

Tabla 3.6

Dimensión Evolutiva: Cíclico e Institucional

Dimensión Cíclica: Paradigma o Trayectoria	Dimensión Institucional: Sistema Nacional de Innovación
Nivel macro: capacidades nacionales	
Paradigma tecno-económico	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión e integración del mercado mundial • Oportunidades de negocio
Modelo rector de los Paradigmas Tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente competitivo que incide en la innovación tecnológica • Régimen comercial
Nivel meso: capacidades industriales	
Paradigma tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento de las instituciones en las que se genera conocimiento • Impulso sostenido y creativo de las más diversas formas de difusión de conocimiento
Modelo rector tecnológico en una industria o sector	<ul style="list-style-type: none"> • La articulación entre actores de innovación
Nivel micro: capacidad de empresa	
Trayectoria tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Interacción intensa y sistemática entre demandantes y proveedores de conocimiento • Incremento sostenido de la capacidad de resolución de problemas
Modelo rector de una tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión de las innovaciones al conjunto del sistema productivo

Fuente: Tomado de Villazul (2005, p.115)

De acuerdo a la tabla 3.6 se puede observar el por qué la PCTI es concluyente frente a la actual dinámica del cambio tecnológico y también es posible conocer las características de la competencia internacional y con lo cual es factible redelinear y transformar constantemente el paradigma tecno-económico (Villazul, 2005).

3.3.2 El funcionamiento del SNI y su relación con el cambio tecnológico: Relevancia y premisas

En años recientes la evaluación del desempeño del SNI ha ganado una enorme importancia por el significado que éste tiene en el éxito económico de las empresas y la creación de nuevos emprendimientos, pero también en el éxito de la política de innovación nacional. Así lo han venido mostrando distintos reportes como por ejemplo los de Evangelista, Sandven, Sirilli y Smith (1997), Smith (2005), Godinho et al. (2006), Mowery (2010), Foray, Mowery y Nelson (2012), Teubal, Foray, Justman y Zuscovitch (2013), Cantner, Graf y Hinzmann

(2013), Mazzucato y Perez (2015), Valdez-Lafarga y León-Balderrama (2015), Estrada et al, (2016), Leicester (2016), Valenduc (2018) y Mazzucato (2018), entre muchos otros.

Se puede afirmar que este conjunto de trabajos ha analizado el desempeño de los SNI en el contexto de las economías más y menos desarrolladas con una visión crítica. Es muy destacable en este conjunto de contribuciones el análisis cualitativo y cuantitativo realizado con respecto al conjunto de limitaciones identificadas en el SNI y que, entre otras cuestiones, han facilitado la comprensión de las diferencias de desempeño del SNI entre un país y otro.

Godinho, Mendonça y Pereira (2006) en su momento señalaron que el SNI, fue empleado inicialmente cómo un mecanismo de enfoque para mostrar las propiedades interdependientes distribuidas inherentes a la actividad de innovar. En este sentido, Godinho et al. (2006) añaden que dentro de la economía del cambio tecnológico reconocer el origen sistémico del curso de la innovación significa reconocer el origen interactivo e histórico del fenómeno de la innovación. Esto quiere decir, que identificando el comportamiento de la innovación es posible crear una taxonomía sobre ella misma ordenando sistemática y jerarquizadamente los elementos que la envuelven para una mejor comprensión del fenómeno de la innovación (Godinho et al., 2006). También Godinho et al. (2006) afirma aquí que, algo que permite diferenciar un patrón tecnológico novedoso del antiguo es la estabilidad y la generalización de la innovación. Es decir, cuando se logra difundir una innovación de manera estable y generalizada esta puede impactar en el sistema económico en forma de patrón tecnológico imperante (Godinho et al., 2006). De esta forma, es posible observar el impacto en el cambio tecnológico que es generado por los actores desde dentro del sistema, pero también es posible inferir que el funcionamiento del SNI podría ser un motor o un obstáculo tanto para el propio cambio tecnológico como para la estabilidad, la difusión y la generalización de la innovación

(Rincón, 2004 y Godinho et al., 2006). De manera que, estos aportes han dejado abiertos elementos de análisis para describir en buena parte la complejidad del funcionamiento de los actores e instituciones que conforman el SNI.

Como una de las bases teóricas iniciales que se pueden utilizar para comprender la función del SNI están los trabajos de actores que han tratado de definir el significado y rol de los actores centrales del sistema: Autio y Laamanen (1995), Lundvall y Borrás (1998), Gregersen y Johnson (2001), Teubal, Foray, Justman y Zuscovitch (2013), entre otros. Por ejemplo, Autio y Laamanen (1995) sugerían que en el contexto de la innovación las empresas conceden más recursos en la producción interna, en combinar el conocimiento y en beneficiarse de otras fuentes externas cómo por ejemplo los centros de investigación, reconociendo que todo ello exige de una articulación directa con las instituciones generadoras de conocimiento. Teubal, Foray, Justman y Zuscovitch (2013) afirman que, dentro de la dinámica de la innovación, el gobierno sería siempre una pieza fundamental para la innovación, sobre todo para fortificar la infraestructura de ciencia y tecnología a través de perfeccionar los marcos regulatorios y corregir las formas institucionales que frenan la innovación. Por su parte Lundvall y Borrás (1998) y Gregersen y Johnson (2001) han reconocido que los anteriores esfuerzos hechos por los países industrializados en el campo de las políticas de ciencia, tecnología e innovación han dado paso a que estos países hayan podido – en algunos casos más rápidos que otros - involucrarse en la economía de la innovación⁷³ y en consecuencia dinamizando el rol e interacción de los actores.

⁷³ Shucmpeter (1942) en su libro *Capitalismo, socialismo y democracia* acuña el concepto de economía de innovación, donde sostenía que las instituciones en transformación, los empresarios y los cambios tecnológicos estaban en el corazón del crecimiento económico. La economía actual debe reconocer el rol protagónico de la innovación para el desarrollo de la economía.

Otras perspectivas del SNI que señalan claramente el grado de complejidad de su funcionamiento y su relación con la economía y el cambio tecnológico se pueden identificar en los trabajos de Cantner y Graf (2006), Cantner y Meder (2008), Cantner, Conti y Meder (2010) y Cantner, Graf y Hinzmann (2013). Aquí los actores han introducido nuevas categorías de análisis, siendo una de mayor relevancia: la proximidad de los actores⁷⁶. Tal “proximidad” se refiere a la actividad de cooperación de conocimiento que detona la innovación a través de cinco dimensiones: a) cognitiva: que alude al contexto donde interactúan actores del SNI para compartir conocimientos y experiencia; b) organizacional: que estimula la interacción de conocimientos entre organizaciones; c) institucional: que disminuye incertidumbre y el costo de transacción de conocimiento por medio de estimular la interacción y aprendizaje interactivo a través de instituciones formales – marcos regulatorios – e informales – prácticas, hábitos –; d) social: que se considera como una noción de confianza donde los actores comparten conocimiento de saber hacer; y e) geográfica: que establece mecanismos de cooperación de conocimientos para intercambiar y generar innovación en actores que estén distanciados espacialmente.

La “proximidad” simboliza la interacción y construcción de relaciones entre los actores del SNI, que condicionan y controlan la transferencia de conocimientos entre los actores, lo cual podría repercutir como un potenciador o freno en la dinámica del cambio tecnológico (Cantner y Graf, 2006 y Estrada et al., 2016).

⁷⁶ “Discussing technological proximity as a source of new ideas and innovations necessarily leads to discussing the economic relationships among the interacting partners which internalize economic spillovers or positive technological externalities “(Cantner y Graf, 2006, p.6).

Otros estudios contemporáneos acerca de la complejidad del SNI son los trabajos realizados por Mariana Mazzucato y Carlota Pérez (Mazzucato, 2013a, 2012b, 2015, 2016; Mazzucato y Pérez, 2015 y Mazzucato, 2018). Es muy probable que uno de los elementos más provocadores en estos trabajos es el de la economía real, incluyente y sostenible fundamentada en el rol del Estado a través de la labor de innovación del gobierno. El gobierno debe ampliar su rol actual como simple reparador de la dinámica del mercado y en su lugar promover políticas públicas sistémicas que identifiquen y articulen nuevos enfoques orientados a la “misión” para estimular los sectores económicos a través del conocimiento para lograr objetivos específicos. Un enfoque orientado a la misión significa el desarrollo e implementación de un programa específico de políticas de innovación orientado a sectores específicos y fundamentado en las fortalezas de sistema de innovación para sostener la capacidad de inversión (Mazzucato, 2019). La “misión” por lo tanto, representa para Mazzucato un imperativo de efectividad para generar impacto a la economía de la innovación (Mowery, 2010 y Foray, Mowery y Nelson, 2012).

Según Mazzucato (2013b, 2015, 2016) el SNI lo conforman cuatro subsistemas: 1) políticas y financiaciones públicas; 2) investigación y educación; 3) producción e innovación; y 4) financiación pública y financiación privada. Aquí se resalta que los cuatro subsistemas integrados son teóricamente de importancia estratégica, sin embargo, los subsistemas de políticas públicas y de financiamiento tradicionalmente son los han guiado el proceso de crecimiento social, económico y del cambio tecnológico.

Del conjunto de aportes científicos identificados se podría resumir que desde la perspectiva teórica ha existido un acuerdo de que el SNI representa una pieza esencial en el entendimiento de la dinámica de la competitividad en la economía y que su significado en la

economía y la sociedad depende de la eficiencia en que se desarrollan los roles e interacciones de los actores del sistema en concordancia con los aspectos exógenos que se originan en su medio ambiente – cambio tecnológico – (Kayal, 2008 y Godinho et al., 2006).

3.3.3 Función y restricciones del SNI: Los efectos del patrón tecnológico dominante

En este contexto de cambio tecnológico, el patrón tecnológico dominante podría por un lado darle a un actor específico un mayor grado de relevancia respecto a los otros actores o podría determinar el grado de limitación de la función del sistema por la actuación restringida de un actor específico (Estrada et al, 2016).

Según Estrada et al. (2016) sugieren que el contexto actual de la economía de innovación demanda un SNI con características constitutivas del patrón tecnológico dominante; capaces de estimular y ampliar las capacidades de innovación que se generan desde el mismo SNI. Dichas capacidades deben flexibilizar y dinamizar de formas diferentes el comportamiento de los subsistemas principales que integran el sistema: a) subsistema productivo, b) subsistema institucional y c) subsistema financiero (Estrada et al., 2016). Son estos subsistemas con su forma e intensidad determinada los que concentran la capacidad de adaptación y de generación de nuevas innovaciones (Estrada et al., 2016). Esta dinámica es la que determina la función del SNI (Estrada et al., 2016).

Sobre la función del SNI, Estrada et al. (2016) establecen que la misma no se mide necesariamente a partir de su independencia o su interdependencia de los subsistemas, más bien ella se mide a través del de cómo ellos reaccionan y autorregulan sus roles e interacciones en función a la dinámica que desempeña los factores de la competencia, innovación y políticas públicas. El cambio tecnológico expresado en el dominio de patrones

tecnológicos y generado por la combinación de estos factores se conforma en el elemento dinamizador del SNI (Estrada et al., 2016).

Para abordar el funcionamiento del SNI Estrada et al. (2016) recurren en un primer momento a la teoría de la complejidad (Morin, 1998, 2013; Freeman, 1987; Freeman, 1982; Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg y Soete, 1988; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Kayal, 2008 y Godinho et al., 2006). La complejidad del SNI parte fundamentalmente de la observación de un conjunto de limitaciones que impiden la función básica de los actores que conforman el sistema y que guardan extrema relación con el cambio tecnológico (Estrada et al., 2016).

Morin (1998, 2013) afirma que un sistema es complejo en la medida en que este se constituye por elementos o partes heterogéneas, pero que conservan su autonomía. Estos elementos se interrelacionan y crean un tipo de dependencia determinada (Morin, 1998, 2013). Su vinculación ocurre por interconexiones muy fuertes, que significa que los elementos se interrelacionan no solo entre sí, sino también con otros sistemas y su entorno, con los que surgen nuevos patrones organizativos (Morin, 1998, 2013). Para Morin (1998, 2013) los sistemas complejos exhiben propiedades que surgen al momento que sus partes interactúan; y que no se pueden predecir partiendo de las propiedades mismas que definen las partes. Esta dificultad se traduce en una posible ruptura de la “continuidad” entendida esta como la permanencia de la función de las propiedades del sistema y las cuales podrían generar escenarios novedosos o restrictivos para el SNI (Morin, 1998, 2013). Esta premisa se presenta como fundamento del trabajo de Estrada et al. (2016) acerca de las restricciones que poseen los SNI y que limitan su eficiente funcionamiento.

Por lo tanto, los sistemas como noción generan sus propias restricciones que limitan la capacidad de acción y rendimiento del propio sistema. Morin (1998, 2013), Kauffman (2005)

y Palmieri y Jensen (2019) sugieren como esencial un dispositivo de control para el mantenimiento de un sistema, al cual denominan autoorganización. Este concepto tiene su fundamento en la adaptación generativa o control de la información (Morin, 1998, 2013; Kauffman, 2005 y Palmieri y Jensen, 2019). Este proceso es el que permite que el sistema tenga relación con el entorno y en consecuencia se realizan cambios en los elementos que conforman el sistema. Esto da cuenta que los sistemas trabajan en dos partes: a) control de elementos de información y b) unión de la estructura del sistema (Morin, 1998, 2013; Kauffman, 2005 y Palmieri y Jensen, 2019).

Con base a los aportes de Morin (1998; 2013), Kauffman (2005) y Palmieri y Jensen (2019), es como se afirma que para lograr una función eficiente del SNI debería existir una interacción de la dinámica de actores específico y funciones específicas – funciones del sistema – para dinamizar el sistema en el ámbito de la economía de la innovación (Hekkert, Suurs, Negro, Kuhlmann y Smits, 2007). Por ejemplo: el espíritu empresarial, la legitimación y la difusión de conocimiento, la dirección estratégica, la formación de nuevos mercados, y la movilización de recursos financieros.

Este enfoque aborda la funcionalidad del SNI en tres sub-sistemas: a) subsistema productivo; b) subsistema institucional; y c) subsistema financiero el cual, permitiría el proceso de autoregulación – autoorganización – y el desarrollo eficiente de las funciones del sistema se realicen de una forma más estructurada, considerando la fuerza de cambio que poseen los patrones tecnológicos dominantes (Estrada et al., 2016). Los subsistemas se componen en ámbitos de actuación más coordinados para el control y manejo de la información, la actualización de conocimiento y la generación de nuevas habilidades organizativas por parte de los actores e instituciones que lo integran.

En la tabla 3.7 se presenta de forma estructurada las funciones y limitantes de los subsistemas, con base al status de capacidad de innovación existente en los países de América Latina⁷⁷ (Estrada et al., 2016).

Tabla 3.7

Funciones y Limitantes del Sistema Nacional de Innovación en América Latina

<i>Subsistema</i>	<i>Función</i>	<i>Limitantes</i>
Producción	<ul style="list-style-type: none"> ▪Dinamizar y ampliar la capacidad de innovación de las empresas 	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda para emprender proyectos de desarrollo tecnológico. - Inversión de capital riesgo
Financiero	<ul style="list-style-type: none"> ▪Habilitar recursos financieros para la productividad y la innovación 	<ul style="list-style-type: none"> - Productividad total de los factores. - Demanda agregada. - Productividad laboral. - Inversión.
Institucional	<ul style="list-style-type: none"> ▪Habilitar la capacidad innovativa promovida por el sector público para articular oferta y demanda de conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desconexión entre demanda y oferta de conocimiento. - Proceso de transferencia de tecnología. - Política de innovación.

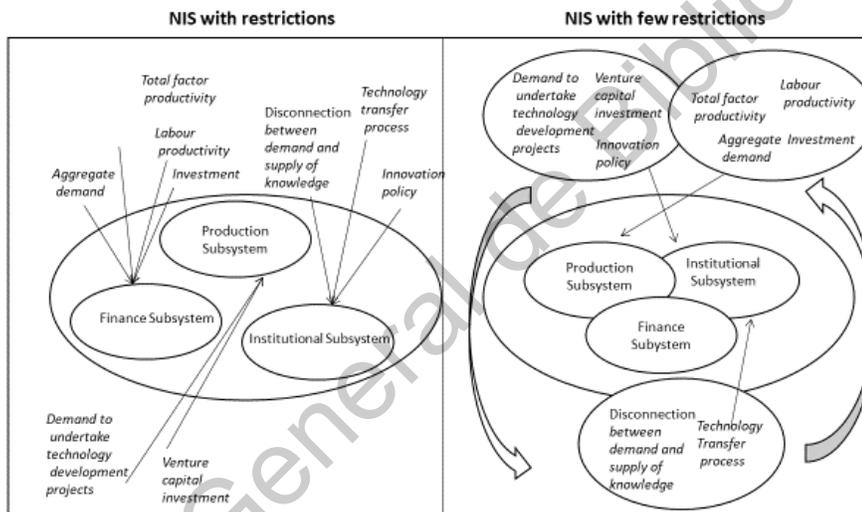
Fuente: Estrada et al., 2016)

La presentación directa de las restricciones o limitantes del SNI tiene su origen en la destrucción creativa tardía (Schumpeter, 1911,1961). Para el caso concreto de los países en vías de desarrollo el proceso de destrucción creativa es detectado mucho más lentamente en comparación con los países industrializados (Schumpeter, 1911,1961). Es decir, los actores de innovación en cada uno de los subsistemas perciben lentamente y de forma desestructurada la información del comportamiento de los elementos que son directamente afectados por el patrón tecnológico dominante: demanda para emprender proyectos de

⁷⁷ Para una visión más detallada consultar Estrada et al. (2016).

desarrollo tecnológico, inversión de capital riesgo, productividad total de los factores, demanda agregada, productividad laboral, inversión, desconexión entre demanda y oferta de conocimiento, proceso de transferencia de tecnología y la política de innovación (Álvarez-Castañón, Estrada y Palacios, 2018). La figura 3.5 presenta en dos escenarios – SNI con restricciones y SNI con pocas restricciones – el comportamiento tanto de los subsistemas como de los elementos directos afectados por un patrón tecnológico dominante.

Figura 3.5 Comportamiento del SNI

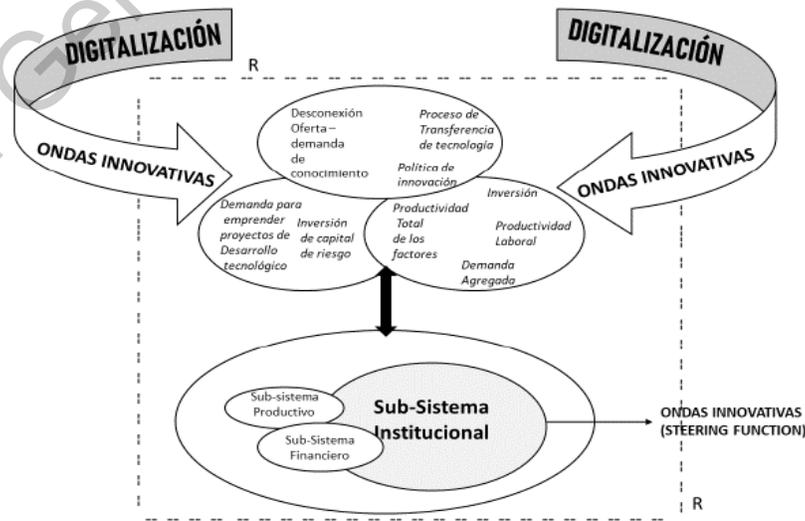


Fuente: Álvarez-Castañón, Estrada y Palacios (2018).

De acuerdo la figura 3.5 la función efectiva de los subsistemas depende de la reducción de las limitantes que son generadas por el patrón tecnológico dominante. La eficiencia en la función de los subsistemas será entonces la capacidad de los actores de poder disminuir estas restricciones. A diferencia de otros modelos de innovación como es el caso de la Triple Hélice (Etzkowitz y Zhou, 2017) la identificación de tres subsistemas dentro del SNI como

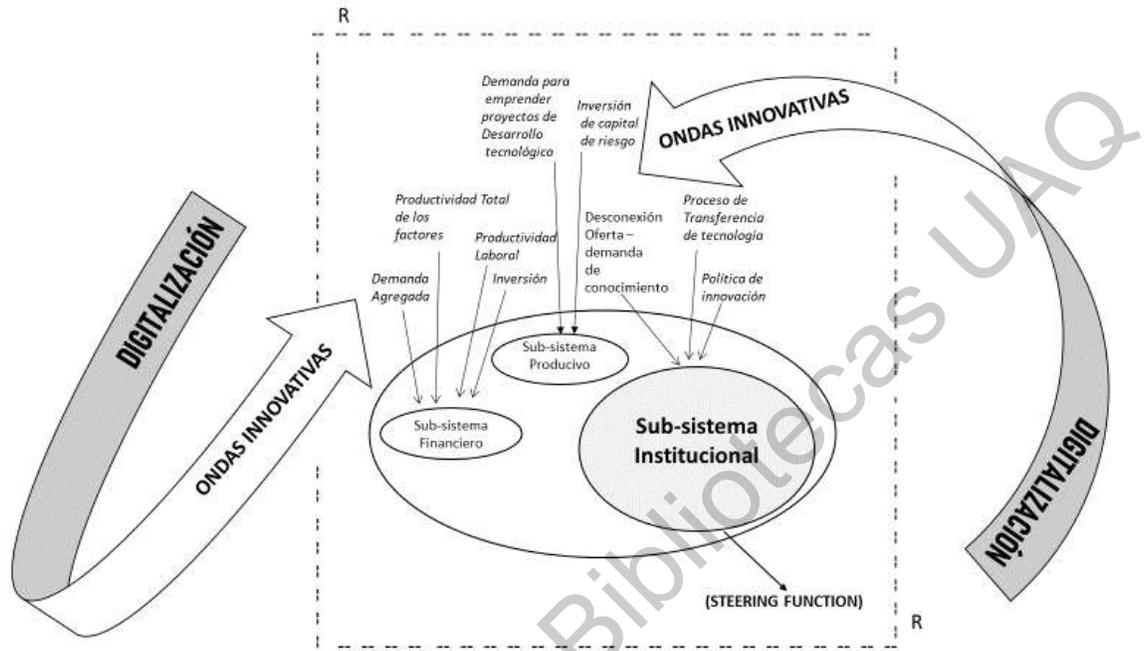
motores de la difusión de conocimiento y adaptación al cambio tecnológico permite observar como un subsistema prevalece sobre otro en un momento determinado. Una forma de observar esta dinámica son las “misiones de innovación” de Mazzucato (2013b, 2015, 2016), que le dan al subsistema financiero un carácter protagónico poco antes visto en el desarrollo de la política de innovación contemporánea y lo mismo ocurre con el subsistema institucional, cuando antes la necesidad de un cambio del modelo capitalista tradicional, el Estado a través de la inversión pública se presenta como el actor fundamental para garantizar el desarrollo de las “misiones de innovación”. No obstante, lo que determina la prevalencia de los actores son los patrones tecnológicos de la digitalización y las tecnologías verdes (Mazzucato, 2018). Tomando como referencia al aporte de Estrada et al. (2016) se podría representar el comportamiento de los subsistemas cuando estos son influenciados por un patrón tecnológico – digitalización – a través de las figuras 3.6 y 3.7:

Figura 3.6 Patrón Tecnológico y SNI (Pocas Restricciones)



Fuente: Elaboración propia, tomando como referencia el modelo de SNI con restricciones en Álvarez-Castañón, Estrada y Palacios (2018).

Figura 3.7 Patrón Tecnológico y SNI (Muchas Restricciones)



Fuente: Elaboración propia, tomando como referencia el modelo de SNI con restricciones en Álvarez-Castañón, Estrada y Palacios (2018).

De acuerdo a las figuras 3.6 y 3.7 el patrón tecnológico dominante no incide directamente en el comportamiento de los actores del sistema, antes el patrón tecnológico ejerce un efecto en las variables exógenas que están directamente relacionadas con los sub-sistemas del SNI. Estas variables exógenas se conciben para efectos de este trabajo como “componentes integrados de la digitalización” y ellas se crean por las ondas innovativas que genera este patrón tecnológico dominante.

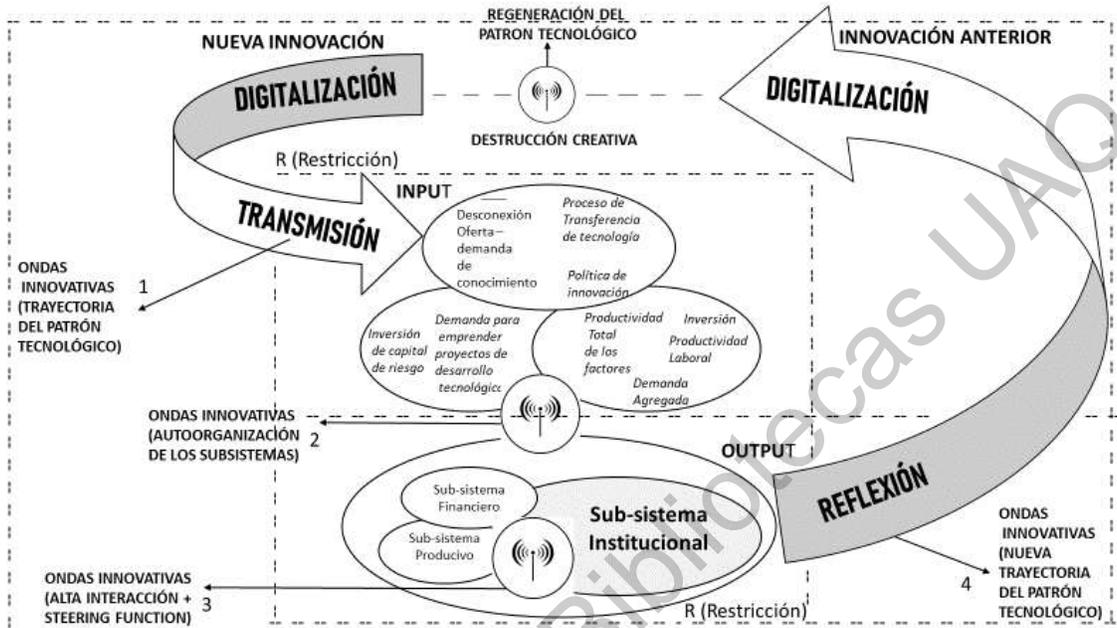
Las ondas innovativas⁷⁸ se conforman en el conjunto de información que genera la propia dinámica del patrón tecnológico y tal información se expresa de forma desestructurada y como “trayectorias de innovación” en los ámbitos económico, político, ambiental, social y cultural. Dichas trayectorias incidirán en la función y en la interacción de los actores del SNI,

⁷⁸ La noción de ondas innovativas es creación propia.

es decir, en la interacción de los sub-sistemas. Actores como Dosi (1982), Rosenberg (1982), Soete (1984), Pavitt (1984), Freeman (1987), Lundvall (1992), Archibugi y Pianta (1996), Pérez (2010) y Mazzucato (2013) han afirmado que es en el ámbito económico en donde la interacción entre actores desarrolla una dinámica particular para responder ante los cambios tecnológicos que se presentan.

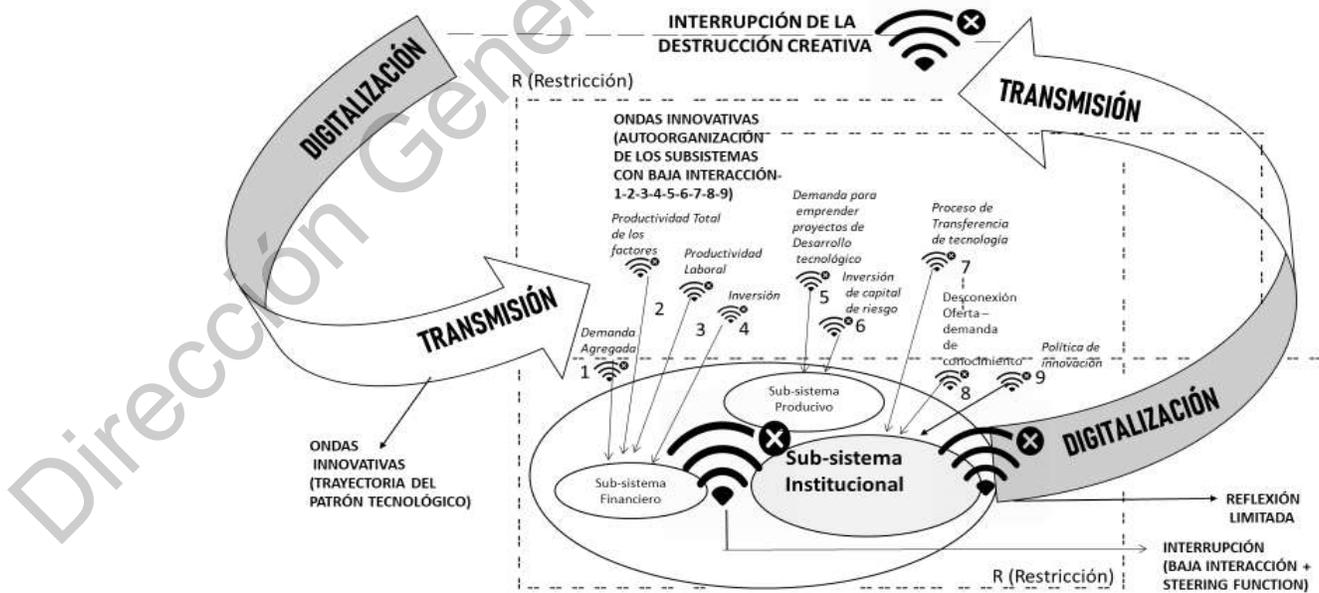
Las ondas innovativas son, por lo tanto, elementos constitutivos del patrón tecnológico dominante, se presentan en todos los ámbitos geográficos y además ejercen una influencia directa en la función e interacción de los actores de innovación (Escott, Palacios y Cruz, 2020). Es importante resaltar aquí que el grado de desarticulación de los componentes integrados aumenta si existe una baja interacción entre los sub-sistemas (Ver figura 3.8). Esto significa, que las ondas innovativas y la trayectoria de los componentes integrados no han podido ser asimilados ante la presencia de una baja interacción entre los sub-sistemas. Sin embargo, de acuerdo con Alvarez-Castañón, Estrada y Palacios (2018), estos componentes pueden llegar a los actores de los sub-sistemas, pero de forma bidireccional y no de forma multidireccional e integrada (Ver figura 3.9).

Figura 3.8 Alto Rendimiento del SNI (Pocas restricciones)



Fuente: Elaboración propia, tomando como referencia el modelo de SNI con restricciones en Álvarez-Castañón, Estrada y Palacios (2018).

Figura 3.9 Bajo Rendimiento del SNI (Muchas restricciones)



Fuente: Elaboración propia, tomando como referencia el modelo de SNI con restricciones en Álvarez-Castañón, Estrada y Palacios (2018).

El otro elemento que es semejante en ambos casos es la prevalencia de uno de los sub-sistemas – Steering Function –. Para efectos de esta investigación este elemento se denomina Steering Function. Aún cuando en los estudios sobre economía de la innovación - Steering Function – como noción teórica, no ha sido abordada para analizar la dinámica de los actores del SNI, los trabajos recientes de Mazzucato (2015, 2015, 2018) y de Estrada, Álvarez-Castañón y Palacios (2016), lograron determinar la prevalencia en el SNI de un conjunto de actores sobre otros. Para Mazzucato (2015, 2015, 2018) el liderazgo de la interacción lo tiene el sub-sistema institucional a través del Estado (financiación y coordinación pública) y para el caso de Estrada, Álvarez y Palacios (2016) el liderazgo lo ejerce el sub-sistema financiero (financiación y coordinación pública y privada).

Partiendo de las aportaciones de Mazzucato (2015, 2015, 2018) y de Estrada, Álvarez y Palacios (2016), en esta investigación se considera a la “Steering Function”⁷⁹ como un componente de SNI que permite caracterizar la dinámica actual del proceso de interacción de los actores de innovación, en el entendido que dicha noción versa sobre la función de dirección del sistema por parte de un conjunto de actores específicos que integran uno de los sub-sistemas y que al mismo tiempo deben mantener la interacción con los otros actores de innovación de los otros sub-sistemas.

Continuando con este análisis sobre el SNI se puede deducir que el número de restricciones que genera el patrón tecnológico de la digitalización se presenta a través del

⁷⁹ “Steering Function” es un termino acuñado de la ingeniería mecánica para definir la función de dirección de un vehículo. El propósito principal del sistema mecánico de dirección es que quien ejerza el control de dirección llegue al punto o destino deseado (Mileham, 2010).

conjunto de componentes integrados del cambio tecnológico. Para el caso de los países industrializados, tales restricciones son enfrentada en dos direcciones: 1) capacidad de absorción de información de las ondas innovativas y 2) articulación de los sub-sistemas a través de la “Steering Function” para indicar la nueva trayectoria la innovación (Perez, 2004; Mazzucato, 2015, 2015, 2018 y Estrada et al., 2016).

De forma más simplificada lo que se busca reduciendo las restricciones que presenta el SNI es lograr una minimización del grado de complejidad del patrón tecnológico y por consiguiente un mayor rendimiento del SNI a través de la actuación de los actores de innovación. Para efectos de este trabajo, el rendimiento del SNI se basa en la capacidad de reacción de los actores de innovación para disminuir el mayor número de restricciones posibles generadas por el patrón tecnológico dominante (Ver figuras 3.8 y 3.9).

El Rendimiento del SNI depende de la dinámica que tome el patrón tecnológico dominante (Pérez, 2018 b; Cantner, 2018; Escott, Palacios y Cruz, 2020 y Valenduc, 2018), el cual se expresa en dos direcciones: 1) *transmisión* de información en forma de componentes integrados y que se presentan ante los actores de innovación que conforman los sub-sistemas (Tve) (Pérez, 2018a; Pérez, 2018b y Pérez, 2018c) y 2) *reflexión* como proceso donde se desarrolla la dinámica de los subsistemas a través de la interacción dinámica de los actores de innovación (Ris) (Cantner, 2018; Mazzucato, 2015 y Mazzucato, 2019). Esto puede expresarse de la siguiente manera:

$$RS = Tve + Ris$$

De acuerdo a esta ecuación lineal el Rendimiento del SNI (RS) es equivalente a la suma de *Tve* y *Ris*, teniendo en cuenta que la “Reflexión” es el fin último de la función del sistema que se expresa en habilitar fuerza innovativa para incidir en la digitalización como expresión

del cambio tecnológico (destrucción creativa) (Pérez, 2004; Kurzweil, 2012; Pérez, 2010 y Valenduc, 2018); y si en efecto el patrón tecnológico se comporta de forma dominante tales cambios producen la regeneración del mismo patrón tecnológico (Pérez, 2004; Kurzweil, 2012; Pérez, 2010 y Valenduc, 2018). Esto se evidencia tal y como se ha afirmado durante la investigación por la fuerza que posee la digitalización a través de la recombinación de nuevas tecnologías de información y su carácter singular.

Con el propósito de presentar una aproximación al proceso completo en que se desarrolla el RS en el contexto de las restricciones *se presenta la siguiente ecuación lineal acabada:*

$$RS = Tve + Ris$$

$$Tve = O_{IT}I_{CI}$$

$$RIS = O_{IR}I_{SNI}$$

$$RS = \beta_1 O_{IT}I_{CI} + \beta_2 O_{IR}I_{SNI}$$

Elaboración propia

En la ecuación se identifican las siguientes variables:

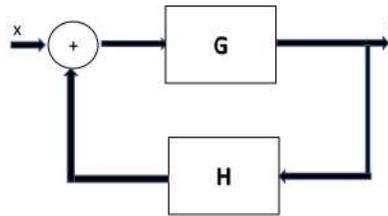
- i. RS: Rendimiento del Sistema
- ii. Tve: Transmisión (variables exógenas)
- iii. Ris: Reflexión (interacción de los subsistemas)
- iv. O_{IT} : Ondas innovativas de la transmisión
- v. I_{CI} : Interacción de componentes integrados
- vi. O_{IR} : Ondas innovativas de la reflexión
- vii. I_{SNI} : Interacción de los subsistemas

La elaboración de la ecuación anterior se basa en la teoría de sistemas de control (Ogata, 2010). Un sistema de control es lineal si se aplica el principio de “superposición”, el cual establece que la respuesta producida por la aplicación simultánea de dos funciones de entradas diferentes es la suma de las dos respuestas individuales. Así tenemos que, las funciones de entrada $Tve = O_{IT}I_{CI}$ genera la respuesta $RIS = O_{IR}I_{SNI}$. Sobre esto Ogata (2010) afirma lo siguiente: “para el sistema lineal, la respuesta a varias entradas se calcula tratando una entrada cada vez y sumando los resultados” (p.15).

De acuerdo a Ogata (2010) y de la Fuente (1997) en un sistema lineal es posible a través de una ecuación diferencial lineal, mostrar el equilibrio de las variables de causa y efecto. Esto permite mostrar la composición completa del Rendimiento del Sistema representado en $RS = \beta_1 O_{IT}I_{CI} + \beta_2 O_{IR}I_{SNI}$. La respuesta producida (RS) se debe a las ondas innovativas que se identifican tanto en la función de entrada (Tve) como la función de salida (Ris): $(O_{IT} - O_{IR})$.

Con la ecuación $RS = \beta_1 O_{IT}I_{CI} + \beta_2 O_{IR}I_{SNI}$ se muestra que el SNI con restricciones basado en el patrón tecnológico dominante tiene un comportamiento cíclico, es decir, después de Ris inicia nuevamente Tve. Esto visto desde la teoría de sistema, se concibe como un proceso de retroalimentación del sistema (Feedback Systems) o de reforzamiento del sistema (Ver figura 3.10) (Phillips y Habor, 1995 y Franklyn, Emami-Naeini, Powel, 2002).

Figura 3.10 Proceso de Retroalimentación del Sistema



Fuente: Elaboración Propia tomando como referencia los trabajos de Phillips y Habor (1995) y Franklyn, Emami-Naeini, Powel (2002).

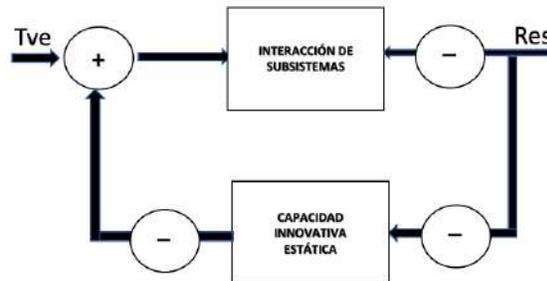
Con la figura anterior se muestra un sistema de retroalimentación básico. Se puede observar que “X” es la entrada de información que pasa por “G” y luego sale por “y”. Sin embargo, la salida “y” puede devolverse a través de “H” nuevamente hacia “G”. Justamente en este proceso se pueden detectar errores en el sistema y posteriormente corregirlos (Franklyn, Emami-Naeini, Powel, 2002).

Para el caso del SNI con restricciones en los países industrializados (Ver arriba, figura 3.8) el proceso de retroalimentación se produce en el nivel macro y micro del modelo. En el nivel macro la retroalimentación se expresa por la conexión entre Tve y Ris , y en el nivel micro dicha retroalimentación ocurre fundamentalmente al interno con la interacción efectiva de los subsistemas de innovación, es decir, específicamente en Ris. Justamente aquí en Ris es donde se desarrolla el proceso más importante de retroalimentación del SIN, a través de la información y el conocimiento. Ambas conforman el potencial de capacidad innovativa actual de los actores de innovación. Para el caso de los países industrializados la salida de información y conocimiento acumulado es lo que presiona a una nueva dirección de cambio tecnológico, solo que, esta nueva dirección, versa sobre el mismo patrón tecnológico, la digitalización.

Es importante señalar que este proceso de retroalimentación para el caso de los países industrializados ocurre de forma muy semejante que la “retroalimentación positiva” (Positive Feedback). De acuerdo a Powel, Franklin y Emani-Naeini (2019) se producen en la salida (Output) del sistema efectos acumulativos que promueven el cambio dentro del mismo sistema. Esto quiere decir, que de acuerdo al modelo de SNI con restricciones en los países industrializados, la capacidad innovativa tanto como en el nivel macro como en el nivel micro del modelo a través de “Ris” es que se propicia un estado diferente al estado anterior del sistema dado que sus efectos son exponenciales, tal es el caso de la “destrucción creativa” y la regeneración del patrón tecnológico dominante.

Diferente al caso anterior se presenta el comportamiento de la retroalimentación del SNI en países no industrializados o en países en vías de desarrollo. Al ser el proceso de retroalimentación del sistema de muy baja intensidad, por cuanto la capacidad innovativa que se genera es también baja, este actúa por lo tanto, como un sistema de retroalimentación negativa (Negative Feedback) (Powel, Franklin, Emani-Naeini, 2019 y Simancas-García, 2013). Tanto en el nivel macro como micro del modelo la retroalimentación. La información y el conocimiento se estancan en la dirección de salida (RIS) y regresan. Esto quiere decir que la información y el conocimiento no poseen la suficiente fuerza de salida y en consecuencia se estancan (Ver Figura 3.11).

Figura 3.11 Retroalimentación Negativa con SNI de Muchas Restricciones



Elaboración propia tomando como referencia los trabajos de Phillips y Habor (1995) y Franklyn, Emami-Naeini, Powel (2002).

De acuerdo a Powel, Franklin y Emani-Naeini (2019) el sistema de retroalimentación negativa se mantiene en equilibrio, porque se resiste a los cambios que irrumpen en el sistema, lo cual significa que para el caso del SNI con muchas restricciones tal equilibrio no puede considerarse como positivo, porque no se genera conocimiento acumulativo capaz de transformar la capacidad innovativa en cada uno de los actores del sistema. Por lo tanto “Ris” se presenta aquí como un proceso limitado dentro del contexto de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Si se parte de la premisa de la retroalimentación negativa del SNI no sería posible medir el rendimiento del mismo, si el objetivo es el de la destrucción creativa. Esto es así, porque no existen indicios lo suficientemente convincentes que indiquen que los países en vías de desarrollo posean capacidad innovativa acumulada como para poder influir en la nueva dirección de la digitalización, como si ocurre en el caso de los países industrializados Hirschman (1961), Dosi (1982), Rosenberg (1982), Soete (1984), Pavitt (1984), Freeman

(1987), Lundvall (1992), Nelson (1994), Archibugi y Pianta (1996), Pérez (2010), Mazzucato (2013), entre otros⁸¹.

Sin embargo, el modelo presentado que describe el comportamiento del SNI con muchas restricciones plantea un desafío, y es el de poder identificar con este modelo las opciones que tendrían estos países con baja capacidad innovativa de aprovechar las oportunidades de la digitalización e impactar en el sistema económico nacional. En las conclusiones de este trabajo se desarrolla el enfoque de rendimiento del SNI para el caso de América Latina.

CAPÍTULO 4 DINÁMICA DE LA DIGITALIZACION COMO PATRÓN TECNOLÓGICO DOMINANTES EN LAS UNIVERSIDADES MEXICANAS (PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS DE CASOS)

4.1 Diseño Metodológico, presentación de estudios de caso y análisis de resultados

4.1.1 Análisis cualitativo y comparativo: El método *Qualitative Comparative Analysis (QCA)*

En los reportes de Ariza y Gandini (2012) y Escott (2018) se afirma que una estrategia metodológica de carácter mixta como el Qualitative Comparative Analysis (QCA), permite recoger observaciones de forma consistente en actores sociales o momentos históricos de la sociedad, estudiar similitudes, divergencias, condiciones, así cómo también inquirir sus causas partiendo de la causalidad compleja y dar legitimidad suficiente a los datos para realizar conclusiones analíticas sobre un tema específico.

Sobre esto Mahoney (2004), Ragin (2006), Ariza y Gandini (2012) y Escott (2018) expresan en sus investigaciones que el QCA es un método orientado a casos de estudio

⁸¹ Dussels (1997), Cimoli, Porcile, Primi, A. y Vergara (2005), Rivera, Robert y Yoguel (2009), Santarcángelo, Fal y Pinazo (2011), Crespi, Olivari y Varga (2016), Mazzucato y Penna (2016), Estrada, Álvarez y Palacios (2016) y Aguilar-Barceló y Higuera-Cota (2019).

enfocado en el análisis sistemático y formal de la causalidad compleja. Este método además permite proveer herramientas y optimiza el análisis de datos empíricos de forma inductiva a través de una muestra pequeña de casos, donde la contrastación de datos involucra cierto nivel de complejidad (Ragin, 2006).

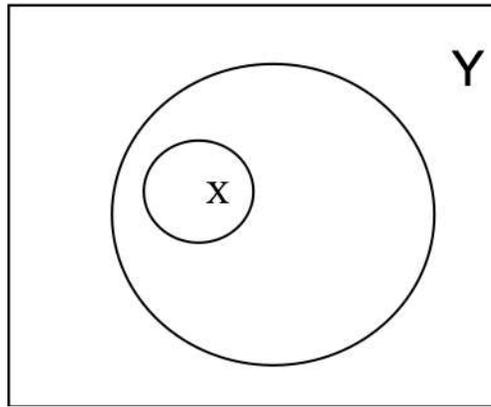
Como un ejemplo de la legitimidad de los datos es el caso de las universidades mexicanas. El universo de universidades públicas y privadas en México es muy amplio (2 mil 180 universidades públicas y 3 mil 163 privadas), dada esta amplitud no es posible tomar una muestra grande que integre a todas las universidades con potencial suficiente para ser valoradas como instituciones con capacidad de adaptación a la dinámica de la digitalización (INEGI, 2019). Al no ser esto posible, las muestras pasan a ser pequeñas garantizando la legitimidad de la representación de los datos.

Uno de los objetivos planteados en este trabajo es el de identificar nuevas variables relacionadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante en el contexto de la gestión universitaria en México, y es este justamente un ámbito de análisis de causalidad compleja, dada la combinación de condiciones específicas existentes que generan la digitalización como patrón tecnológico dominante (Ragin, 1987; Hall, 2003; Escott, 2018 y Thelen y Mahoney, 2015).

Partiendo de las aportaciones de Ragin (1987) el QCA integra la causalidad compleja de acuerdo a tres aspectos: coyuntural, equifinalidad y asimetría. El coyuntural refiere aquel evento donde las interacciones de varios elementos generan un resultado concreto, que no acontecería si no estuviesen presentes todas esas interacciones específicas (Ragin, 1987). Esto quiere decir que, para un resultado específico los elementos son necesarios, pero no suficientes para arrojar un resultado determinado (Ragin, 1987). Un elemento individual no

es suficiente para dar un resultado (Ragin, 1987). Es importante precisar que en una condición de suficiencia se debe recurrir a la teoría de conjuntos – ver figura 4.1 – (Ragin, 1987).

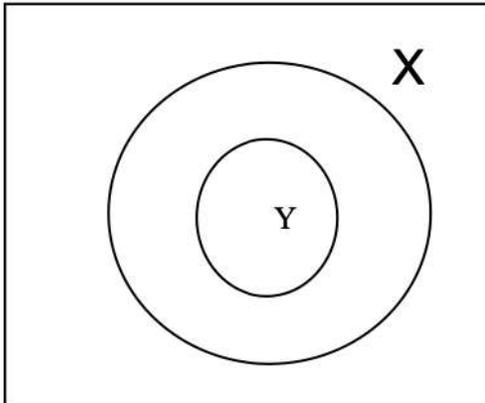
Figura 4.1 Condiciones suficientes



Fuente: Wagemann (2012, p.58).

La figura 4.1 presenta un diagrama de condiciones suficientes. Allí se simboliza un evento en el cual X se constituye como una condición suficiente de Y, es decir, si X está presente también lo estará Y, pero no al contrario (Wagemann, 2012). Como se puede observar el espacio de Y es más grande respecto al de X, lo cual significa que pueden existir otras condiciones diferentes de X que expliquen Y (Wagemann, 2012). La Figura 4.2 representa el diagrama de condiciones necesarias.

Figura 4.2 Condiciones necesarias



Fuente: Wagemann (2012, p.58).

La figura 4.2 expresa que X es necesario para la existencia de Y, sin embargo, no siempre que este presente X implica la existencia de Y, en otras palabras, la presencia de X no es suficiente para que se genere Y (Wagemann, 2012). Siguiendo con el aspecto coyuntural se tienen dos tipos de condiciones: INUS y SUIN. Mackie (1988) denomina la condición INUS como una condición insuficiente por si misma pero que debe estar presente en combinación con otros elementos para que se genere el resultado. La SUIN es una condición suficiente pero no necesaria de una configuración que es insuficiente pero necesaria para el resultado (Schneider y Wagemann 2012).

El segundo aspecto es la equifinalidad, la cual permite ver estrategias y condiciones bajo las cuales se puede abordar el fenómeno de investigación. Ella se refiere a cómo a partir de diferentes combinaciones o configuraciones de elementos y a través de distintos caminos se puede llegar al mismo resultado. Esto significa, que la equifinalidad absorbe las equivalencias para evitar vías que afirmen un resultado equivalente (Ragin, 1987; Mahoney,

2004; Escott, 2018 y Ragin, 2000). Para Wagemann (2012), la equifinalidad representa la posibilidad de que exista más de una condición suficiente, pero no necesaria con la que se pueda generar el resultado. Esto se puede explicar con el ejemplo que plantea Wagemann (2012):

$${}^{83}C+DE \rightarrow Y$$

La configuración anterior muestra un resultado equifinal; la condición C y/o la condición compuesta DE son condiciones de suficiencia. Si C no existiera el resultado (Y) se generaría por medios de las condiciones alternas de DE, así también se puede presentar que las dos condiciones aparezcan de forma simultánea (Wagemann, 2012).

Finalmente está el tercer aspecto, la asimetría, que se refiere al conocimiento de las condiciones bajo las cuales se genera un resultado, pero que no implica de manera necesaria que se conozcan igualmente las condiciones para un resultado contrario (Ragin, 1987; Escott, 2018; Mahoney, 2004 y Ragin, 2000).

Para explicar la asimetría retomaremos el ejemplo de Wagemann (2012), en donde se sabe que las condiciones compuestas – C+DE – generan $\rightarrow Y$, pero esto no implica conocer que combinaciones de condiciones no generan $\rightarrow \sim Y$.

Continuando con una profundización de QCA, es importante resaltar que a través de esta metodología es posible la exploración de patrones con causalidad compleja donde participan variables de causalidad o independencia y variables dependientes de resultado en estudios restringidos de casos (Rosati y Chazarreta, 2017). Es esta una de las razones por la cual el

⁸³ Wagemann (2012) menciona que el uso de flechas otorga la implicación a las configuraciones, cuando se habla de una condición suficiente se dice que $X \rightarrow Y$ donde X implica la existencia de Y. La condición necesaria se representa como $X \leftarrow Y$ implica que si existe Y existirá X.

QCA es reconocido cómo un instrumento analítico que pretender dar respuesta a la problemática de formalización de los métodos de comparación.

De acuerdo a Rosati y Chazarreta (2017), con el QCA se superan dificultades en el análisis de datos, particularmente esta metodología evita el dilema de la generalización, la propensión descriptiva y particularista respecto al fenómeno estudiado y la carencia de sistematicidad y replicabilidad en el tratamiento de los datos empíricos. Sobre esto Rosati y Chazarreta (2017) afirman que Ragin (1987) utilizó una pareja de tácticas para resolver las tres dificultades del análisis de datos mencionadas anteriormente: La primera táctica, se enfoca en llevar una minuciosa elección de los casos a comparar, dicha elección debe tener una fundamentación teórica. En este sentido, Flyvbjerg (2004) menciona que:

“[...]“en este tipo de muestreos, la selección de los casos no persigue alcanzar la representatividad estadística, sino aprovechar al máximo la información que pueda derivarse de un conjunto reducido de casos, o de casos considerados únicos dentro de la problemática que se estudia”[...] (p.45).

Al respecto Ragin (1987) afirma que la fundamentación teórica de los casos conlleva una alta relevancia, dado que la validez⁸⁴ empírica del análisis, así como las inferencias derivadas dependerán de que tan relevantes analíticamente sean los casos elegidos para abordar el problema de investigación (Ragin, 1987).

La segunda táctica empleada por Ragin (1987) pretende dar formalidad al método analítico y al tratamiento de los datos empíricos al hacer uso de la lógica formal y del álgebra booleana⁸⁵ (Ragin, 1987). A través de estas herramientas se logra un análisis exhaustivo de las diversas condiciones (variables independientes) en que se ha producido un determinado

⁸⁴ Sobre esto se profundizará más en la Fase I de la operación del QCA.

⁸⁵ Notación algebraica usada para el tratamiento de variables binarias.

resultado (variable dependiente) (Ragin, 1987). De manera que, existe un rigor interpretativo causal para hacer transparente y replicable el análisis empírico y de esa forma poder consolidar la capacidad de generalización (Rosati y Chazarreta, 2017).

De todos estos elementos mencionados arriba sobre el QCA se destaca de forma muy particular la facultad de esta metodología de presentar la generalización de datos para maximizar las comparaciones devenidas de los casos analizados y darle a la información analizada precisión (Ragin y Rihoux, 2004 y Ragin 2006). Esto quiere decir, que el QCA permite por lo tanto solucionar en muy buena medida el problema del tamaño de la muestra que subyace cuando las unidades a analizar son limitadas o cuando se cuenta con casos limitados (Ragin y Rihoux, 2004 y Ragin 2006). Al maximizar las comparaciones devenidas de los casos analizados el QCA habilita el uso de muestras medianas, no lo adecuadamente grandes para trabajos cuantitativos, pero tampoco restringidas excesivamente (Lieberson, 2004; Ragin y Rihoux, 2004).

De acuerdo con Ragin y Rihoux (2004) y Ragin (2006) el QCA es un instrumento de análisis que ha sido aplicado ampliamente en las ciencias sociales cómo es el caso de Díaz et. al (2013) que desarrolla un análisis empírico de los factores determinantes del modo de implantación en el mercado receptor a través del QCA. También Ariza y Gandini (2012) lo han aplicado para determinar trayectorias laborales de inmigrantes argentinos. Tóth, Thiesbrummel, Henneberg y Naudé (2015) lo emplearon para comprender las configuraciones del atractivo relacional de la empresa.

En conclusión, el QCA puede utilizarse para casos de estudios en el campo de los estudios de innovación. Un ejemplo de ellos han sido las investigaciones de Alcantar, Hernández y Levy (2015) sobre los factores que afectan a las etapas iniciales del desarrollo de nuevas

tecnologías. Por su parte, Ganter y Hecker (2014) exploraron los patrones complejos de interrelaciones causales entre antecedentes de innovación organizacional. Valaei, Rezaei e Ismail (2017) examinaron las relaciones entre estrategias de aprendizaje, creatividad e innovación.

El QCA se puede abordar de manera binaria o mediante categorías difusas – fuzzy set–. La forma binaria – QCA – utiliza los elementos de pertenencia de una manera dicotómica, estableciendo que un elemento esta fuera o dentro, donde el elemento solo puede tomar dos valores – 1 y 0 – incluyente o no incluyente respectivamente (Cooper y Glaesser, 2012). Por su parte, las categorías difusas – fsQCA – se refieren al conjunto de elementos cuyas calificaciones de membresía pueden tener un valor real entre 0 y 1 (Pennings, 2009).

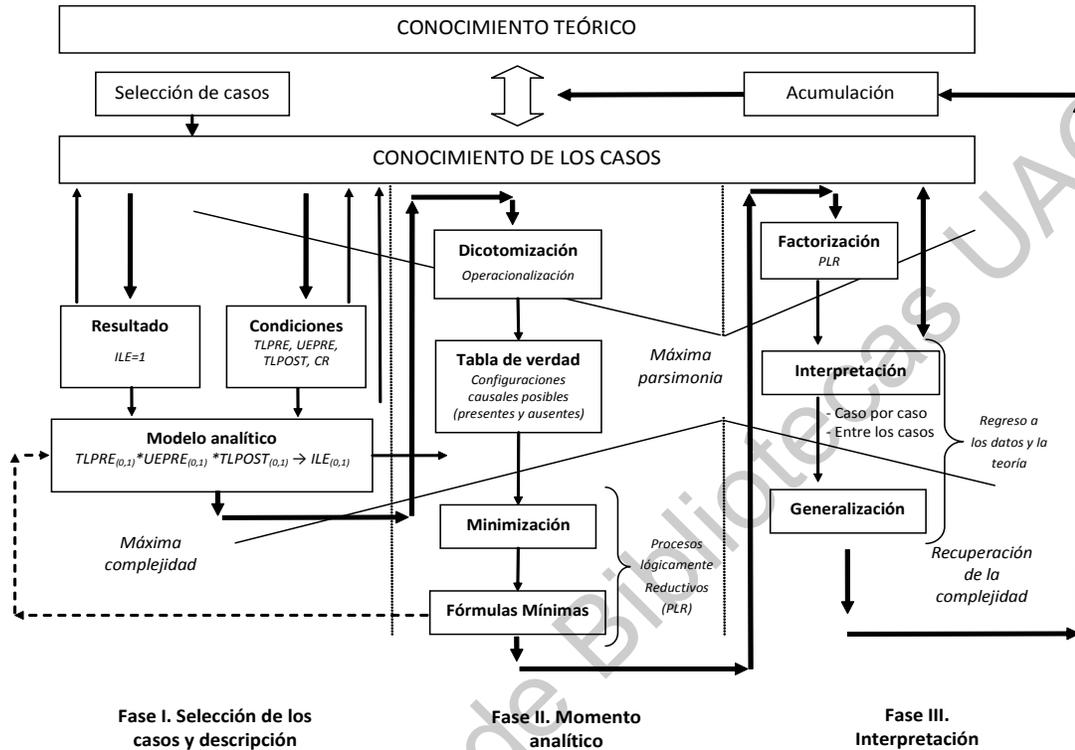
La presente investigación empleará el fsQCA, considerando que cada componente integrado del cambio tecnológico podrá estar presente en el patrón de la digitalización en un rango entre 0 y 1. De acuerdo a la dicho anteriormente se recurre a una muestra pequeña de casos al no poder acceder a una muestra grande de universidades innovadoras consideradas con potencial suficiente para ser relacionadas como instituciones adaptadas a la dinámica de la digitalización.

4.1.2 Descripción y explicación sistematizada del Qualitative Comparative Analysis (QCA)

El proceso metodológico del QCA comprende tres fases (Ver Figura 4.3) (Gandini, 2012; Rihoux y Lobe, 2015 y Aviles, 2018):

- I) Elección y descripción de los casos;
- II) Momento analítico y
- III) Interpretación de los resultados .

Figura 4.3 Proceso de Implementación del QCA



Fuente: Galdini (2012, p.511).

Fase I: Selección de los casos y descripción

Esta etapa representa una etapa de alta complejidad del QCA (Gandini, 2012). Esta fase se divide a su vez en tres sub-fases: 1) elección de casos; 2) definición del diseño de investigación; y comparativa de los casos a través su conocimiento holístico⁸⁶; y 3) establecimiento de las condiciones de causa que el investigador relaciona con el resultado a comparar (Gandini, 2012).

⁸⁶ Gandini (2012) lo refiere cómo descripción teórica de los casos contemplando la relación íntima que guardan.

La sub-fase 1 (elección de casos) versa sobre la elección de los casos de estudio y su descripción. Ambos aspectos representan una parte fundamental en el diseño metodológico (Gandini, 2012). La sub-fase 2 tiene que ver con recopilar los datos empíricos de los casos (Gandini, 2012). Finalmente, la sub-fase 3 hace referencia a establecer condiciones de causa asociadas al fenómeno de investigación (Gandini, 2012).

Siguiendo con la Fase I, en los enfoques comparativos con muestras pequeñas de casos resulta la metodología aún más relevante, dado que la validez del análisis empírico y de las deducciones a las que se lleguen dependerán de la relevancia analítica de los casos que fueron elegidos para abordar el problema de investigación (Gandini, 2012). En este sentido, al momento de elegir los casos para ser comparados se debe asegurar que los mismos compartan un antecedente de información que sirva como un componente de análisis constante y que al mismo tiempo resulte paralelo en diferentes dimensiones de análisis contempladas (Gandini, 2012; Rihoux y Lobe 2015 y Aviles, 2018).

Acerca de la fase I Ragin (1987) precisa cinco consideraciones sobre el estudio de casos en los métodos comparativos:

- a) La validez analítica no se sostiene en la variación estadística, lo hace a través de evaluar cualitativamente el conjunto y condiciones causales asociadas al resultado.
- b) Los casos a estudiar no son importantes por su valor cuantitativo, lo son por su particularidad. Esto quiere decir que un caso es igual de relevante que otro.
- c) Los casos estudiados se manejan holísticamente, es decir, cada caso es considerado como un elemento integrado por una combinación de atributos.
- d) Las combinaciones de causalidad generadas tienen un contexto y se vuelven inteligibles mediante un refinado proceso de interpretación a cargo del investigador y

de su conocimiento teórico complementado con el algebra booleana, la teoría de conjuntos y los paquetes de cómputo.

e) La clave del esfuerzo analítico se encuentra en conocer los casos profundamente.

Fase II: Momento analítico

Esta fase se refiere al análisis exhaustivo de condiciones causales y de combinaciones posibles a través de un paquete de cómputo. Esta fase está compuesta por cuatro sub-fases: 1) dicotomización; 2) tabla de la verdad; 3) minimización y 4) fórmula mínima (Gandini, 2012).

La Dicotomización alude al momento de calibrar las condiciones y el resultado de manera binaria o mediante categorías difusas, así como de fijar los niveles de pertenencia (Aviles, 2018). De acuerdo con Díaz, Duarte y Suárez (2013) el análisis del QCA utiliza variables de causalidad – independientes – y una variable dependiente – resultado o respuesta –, es decir, la interacción de las variables de causalidad generará la respuesta. La calibración hace que una variable se sujete a ser interpretada mediante intervalos.

De acuerdo con Byrne (2002), Díaz et. al, (2013) y Escott (2018) calibrar las variables resulta ser crucial en el proceso de análisis QCA, en el sentido de que una variable determina el contexto de otra, y descifra qué intervalo de la variable es adecuado para que se relacione causalmente con otras variables o por el contrario qué intervalo limita su relación causal.

La tabla de la verdad por su parte, es la herramienta clave de análisis del QCA para estudiar la complejidad causal. Ella muestra la totalidad de combinaciones de causalidad lógicas posibles de acuerdo con la información generada en la dicotomización (Gandini,

2012; Rihoux y Lobe 2015 y Aviles, 2018). Esta tabla se construye por medio de un paquete de cómputo (Gandini, 2012).

Posteriormente se procede a la minimización de los datos realizando un análisis de incongruencias de las posibles combinaciones (Gandini, 2012). Aquí, no todas las combinaciones generadas por la tabla de la verdad resultan relevantes, por lo cual se precisa depurar aquellas que no cuentan con casos – denominados residuos lógicos o logical remainders –. Esto significa que, si bien teóricamente el resultado es posible no necesariamente debe dar respuesta a casos recopilados por la investigación (Escott, 2018).

Finalmente se procede a realizar la última sub-fase (fórmula mínima) minimizando de forma lógica las combinaciones que lleguen a resultados similares a través del algoritmo Quine-McClusky. Este algoritmo permite formulaciones mínimas que habilitarán la siguiente Fase III sobre la interpretación de los resultados (Gandini, 2012; Rihoux; Lobe 2015 y Escott, 2018).

Fase III: Interpretación de resultados

La última fase de aplicación del QCA es la de interpretación de resultados y la misma se centra en tres sub-fases: 1) factorización, 2) interpretación y 3) generalización. La primera (factorización), consiste en arrojar formulaciones mínimas de acuerdo con tres tipos de solución: compleja, parsimoniosa e intermedia (Ragin y Sonnet, 2005 y Ragin y Rihoux 2004). La solución compleja es la solución más detallada, aquí las combinaciones suficientes no se simplifican pues se admite que si se excluyen por no tener casos reales estas producirán ausencia del resultado (Escott, 2018). La solución parsimoniosa opta por la maximización

dado que supone que las configuraciones contrafácticas⁸⁷ generan el resultado. Aquí son considerados tanto los casos observados como los no observados (Escott, 2018). La solución intermedia toma un poco de las anteriores precisando que ciertas configuraciones causales no recogidas por los casos reales determinan el resultado (Ragin y Sonnet, 2005; Ragin y Rihoux 2004 y Escott, 2018).

La segunda sub-fase de “interpretación” identifica e interpreta las combinaciones causales o variables independientes asociadas a un determinado resultado (variable dependiente) (Gandini, 2012). Finalmente, se presenta la sub-fase de “generalización” en donde a través del hallazgo teórico obtenido en la fase de interpretación se proponen los elementos o factores asociados a un fenómeno en específico, en un contexto específico. Es decir, dichos elementos son aplicables en el contexto que fue estudiado el fenómeno, siempre y cuando presenten condiciones comunes (Ragin, 1987).

4.2.3 Aplicación de las fases del “Qualitative Comparative Analysis” (QCA)

En concordancia con la metodología del QCA se procede a continuación con su aplicación práctica a través del desarrollo empírico de las tres fases antes descritas: I) Elección y descripción de los casos; II) Momento analítico y III) Interpretación de los resultados.

Fase I: Elección y descripción de los casos de estudio: Primera aproximación al estado de arte de innovación de las universidades mexicanas

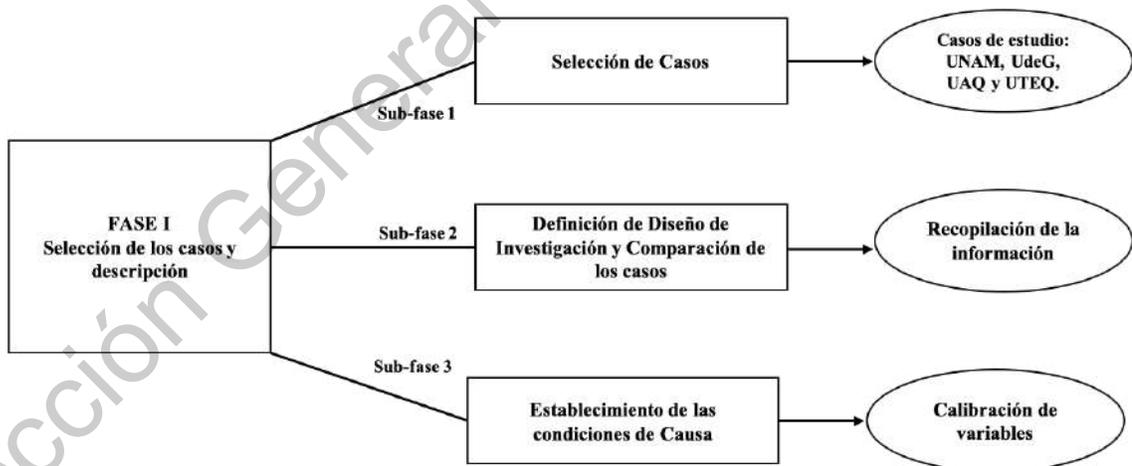
Una de las aseveraciones más aproximadas en el campo de la innovación sobre la fuerza innovadora que generan los actores dentro del SNI se puede identificar en los aportes de Freeman (1995) y Pérez (2000). Allí se puede constatar la potencialidad económica y social

⁸⁷ Son configuraciones causales que resultan teóricamente posibles, sin embargo, no tienen un registro empírico, es decir, no está sustentado por casos reales (Gandini, 2012; Rihoux; Lobe 2015 y Ragin y Rihoux 2004).

de la universidad como actor de innovación. También, otras contribuciones más recientes como las de Estrada, Álvarez y Palacios (2016) enfocan a la universidad como el actor más relevante en la actualidad en el funcionamiento del Sistema Nacional de Innovación. Esta condición alcanzada por la universidad la coloca al mismo tiempo, como uno de los actores con mayor sensibilidad para ser influenciada por la dinámica de los cambios tecnológicos (Tece, 2017) y en consecuencia se conforma en el ámbito de análisis de la siguiente investigación.

Antes de abordar a profundidad la selección de los casos de estudio, se muestra a continuación la representación gráfica del desarrollo metodológico de la fase I, la cual será aplicada en lo sucesivo (ver figura 4.4).

Figura 4.4 Fase I del QCA: Selección de los casos y descripción



Fuente: Elaboración propia

Sub-fase 1- Selección de casos

La presente investigación, tal y como ya fue mencionado con anterioridad, se fundamenta en un análisis sobre la universidad como actor de innovación en México a través de la presentación de cuatro casos de estudio: Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad de Guadalajara, Universidad Autónoma de Querétaro y Universidad Tecnológica de Querétaro. Mediante ellos es posible investigar al fenómeno de la digitalización como patrón tecnológico dominante en su entorno natural, presenciando las interacciones de los actores directamente (Yin, 2009 y Eisenhardt y Graebner, 2007).

La muestra utilizada está representada por la selección de universidades públicas mexicanas consideradas como innovadoras de acuerdo Ranking Webometrics⁸⁸. Se eligió a la universidad pública a razón de: 1) representa un papel fundamental en la búsqueda de la transformación social en la generación de conocimiento; 2) su función sustantiva es la formación, la investigación, la generación de conocimiento y la difusión de la cultura como los ejes fundamentales de su quehacer institucional; 3) dentro del los rankings de mejores universidades como Webometrics y QS World University las universidades que más sobresalen en México son las públicas; y 4) se concentra el mayor número de estudiantes mexicanos (Hurtado, Correa y Cardona, 2013).

A continuación, se presenta una descripción general de los casos de estudio seleccionados (ver tabla 4.1).

⁸⁸ Aguillo (2012) considera al ranking Webometrics cómo uno los rankings existentes con mayor cobertura al considerar 20.000 universidades mundiales. Las áreas organizativas consideradas para otorgar el lugar de innovación a estas universidades de acuerdo al ranking son docencia, investigación, compromiso con la comunidad, transferencia de tecnología e internacionalización.

Tabla 4.1

Descripción de los Casos de Estudio

Características del potencial de innovación	Universidad Nacional Autónoma de México	Universidad de Guadalajara	Universidad Autónoma de Querétaro	Universidad Tecnológica de Querétaro
Año de creación	1910	1792	1951	1994
Ranking nacional Ranking en LA Ranking mundial	1-Nacional 3-Latinoamérica 122-Nivel mundial	4-Nacional 34-Latinoamérica 920-Nivel mundial	18-Nacional 120-Latinoamérica 2168-Nivel mundial	169-Nacional 1242-Latinoamérica 14536-Nivel mundial
Inversión en I+D en %	26% del total de su presupuesto	*	*	*
No. De publicaciones Científicas	4,093 artículos científicos 518 libros 1,179 capítulos de libros 2,215 libros electrónicos	1,863 artículos científicos 328 libros 634 capítulos de libros	*	*
No. De estudiantes No. De profesores	349.215 alumnos 30,310 posgrado 204.192 licenciatura; 114.116 bachillerato 40.578 profesores	270.000 alumnos 120.000 nivel superior 150.000 medio superior 16.504 profesores	30,482 alumnos 2,526 posgrado 20,493 licenciatura 40 TSU 4,426 bachillerato 2,703 profesores	6.822 alumnos. *No se especifica el número de docentes.
Cursos Online de pregrado y postgrado	1 bachillerato 24 licenciaturas 3 maestrías	1 bachillerato 9 licenciaturas 8 maestrías 1 doctorado	Ciencias Jurídicas, Ciencias de Psicología y Pedagogía, Ciencias Económico-Administrativas, Ciencias Socio Políticas, Ciencias Químico-Biológicas, Ciencias Físico Matemáticas, Humanidades y Ciencias de la Salud.	Capacitación a empresas. *No especifica número de cursos.
Gestión de innovación (Evidencias)	-Creación de la Coordinación de Innovación y Desarrollo (2008). Obj: transferencia de desarrollos, conocimientos, servicios y productos de la UNAM. -Realización de "Jornadas de Innovación": Industria 4.0. Obj. Intercambio de conocimiento universitario para generar nuevos procesos, productos o servicios.	-Creación de Plan de Desarrollo Institucional de la UdeG 2014-2030. Obj: Impulsar el desarrollo tecnológico, la investigación científica y la innovación por medio de la articulación entre sectores que contribuyan a la formación de capital humano con altos niveles de especialización.	-En lo que respecta a su postura frente nuevo contexto tecnológico dentro de su visión para el 2025 habla de procurar un en torno tecnológico de vanguardia, sin embargo, la UAQ aun no ha tomado parte en foros como el de Universia (2018) -Se crea la dirección de innovación y tecnologías de la información para brindar a la comunidad universitaria	-Creación del Departamento de Innovación y Desarrollo Tecnológico y adicionalmente dos unidades estrategias de innovación: CIC 4.0: El Creativity and Innovation Center 4.0 se constituye como la plataforma que impulsará la participación de la UTEQ en la Industria 4.0

Características del potencial de innovación	Universidad Nacional Autónoma de México	Universidad de Guadalajara	Universidad Autónoma de Querétaro	Universidad Tecnológica de Querétaro
			soluciones tecnológicas en materia de redes, computo y telecomunicaciones, con la finalidad de integrar de manera tecnológica eficiente de las labores académicas, administrativas, de investigación y de difusión de la cultura.	
Gestión de innovación y digitalización (Evidencias)	-Participación en el IV Encuentro Internacional de Rectores Universia (2018). Obj: Formación y enseñanza en digitalización, transferencia de conocimiento y la I+D+i en la perspectiva 2030.	-Participación en el IV Encuentro Internacional de Rectores Universia. Obj: Creación de una nueva agenda de innovación integrando universidades de todo el mundo.	Creación de la dirección de innovación y tecnologías de la información. Posgrados enfocados en innovación: Doctorado en Innovación, facultad de ingeniería. Licenciatura en Innovación y Gestión Educativa, facultad de psicología. Maestría y Doctorado en Gestión tecnológica e innovación, facultad de contaduría y administración. Doctorado en tecnología educativa y Doctorado en innovación en tecnología educativa, Facultad de informática.	-Creación del Centro de Manufactura Digital (2016). -Firma de convenios con las empresas DELL e INTEL. -Creación del "Creativity and Innovation Center 4.0". Obj: Desarrollo de proyectos tecnológicos. -Posee un Departamento de Innovación y Desarrollo Tecnológico.

Fuente: Elaboración propia a partir de QS World University Rankings 2017-2018, Universia (2018), UAQ (2019), UNAM (2019), UTEQ (2019) y UdeG (2019).

(*) No se especifica información.

Aun cuando la descripción anterior sobre los estudios de caso contiene elementos relevantes vinculantes con la gestión de innovación, dinámica de cambio tecnológico y la digitalización, es importante señalar que dicha caracterización no presenta la información de

forma uniforme, dado que algunas universidades no especifican datos. Asimismo, algunas evidencias sobre gestión de innovación y digitalización se corresponden básicamente con la disposición de la universidad de abordar la innovación y menos con una muestra de resultados concretos.

Es importante también resaltar el contexto geográfico y económico en el que están envueltas estas universidades, debido a que este elemento ha sido uno de los más importantes a la hora de seleccionar los casos de estudio. Tres de las universidades seleccionadas (UAQ, UdeG y UTEQ) se encuentran en la región del Bajío, donde se concentran los grandes polos de desarrollo tecnológico del país (Estrada et al., 2016). La UNAM se localiza en la zona centro, el polo con un mayor desarrollo industrial.

Sub-fase 2 – Definición del diseño de investigación y comparativa de los casos a través su conocimiento holístico

Recopilación de los datos (Información general)

Para la selección, recopilación y análisis de la información se utilizó el QCA a través de fuzzy sets (categorías difusas o bien fsQCA) y para asegurar la validez de los datos se tomaron los principios de Silverman (2001) de contrastación, triangulación y comparación prescritos para la investigación cualitativa. De acuerdo a los argumentos desarrollados anteriormente sumado a los aportes de Silverman (2001) los estudios de casos seleccionados en la presente investigación pueden ser contrastados, y esto es posible aun cuando existan en ellos diferencias en los ámbitos: geográfico, lugar que ocupan en el ranking de universidades, estructuras organizativas, número de alumnos, número de docentes, estudios que ofrecen, estrategias de innovación, entre otras.

También la triangulación de los datos es factible, dado que se cuenta con información suficiente, detallada y sistematizada en cada una de las universidades seleccionadas como de los actores involucrados directa e indirectamente en actividades vinculantes con el cambio tecnológico (Silverman, 2001). Finalmente, está el principio de comparación, el cual se desarrolla una vez comprobado que cada universidad es factible de ser comparada de forma persistente a través de QCA (Silverman, 2001).

La herramienta de investigación escogida para recopilar los datos consta de un cuestionario en línea, enviado a cuatro personas o actores con posiciones relevantes y vinculantes con la innovación en cada universidad (ver anexos 2 y 3). Con el cuestionario es posible operacionalizar los “componentes integrados” del cambio tecnológico y la digitalización identificados anteriormente en el capítulo 3 (Ver tablas 4.3 y 4.4). A través de la formulación de 18 preguntas las personas encuestadas debían evaluar y validar el conjunto de “componentes integrados” identificados, así como el rol de la digitalización como patrón tecnológico dominante en el contexto universitario en México.

Cada “componente integrado” fue evaluado mediante una escala Likert⁸⁹ de 4 puntos donde: (1) significa que se desarrolla completamente y (0) significa que no se desarrolla⁹⁰. De esta forma, es posible identificar la dinámica de los “componentes integrados” de la digitalización dentro de la gestión de innovación de la universidad y determinar sus implicaciones en la funcionalidad del Sistema Nacional de Innovación en México. La tabla 4.5 muestra cada uno de los “componentes integrados” y asimismo el conjunto de preguntas formuladas en el

⁸⁹ Este tipo de escalas resultan ser de las más usadas en diversos campos de la investigación y particularmente en el área de ciencias sociales (Carifio y Perla, 2007).

⁹⁰ Esta nomenclatura de medición se adecua a cada pregunta, pero todas siguen la misma naturaleza de validación se sugiere consultar Anexo 3.

cuestionario. Las preguntas se basan en los elementos de causalidad en que se generan las variables (Ver tablas 4.2 y 4.3), lo cual se logró identificar en el apartado de la revisión de la literatura.

Tabla 4.2

Componentes Integrados del Cambio Tecnológico

Componentes Integrados	Trayectoria de los Componentes Integrados
Heterogeneidad de los actores – homo agents (1) - Cantner (2018) / Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Invencción •Innovación •Adopción de tecnología •Redes heterogéneas
Pluralidad e Interacción de los actores y competencia y cooperación (2) Cantner (2018)	<ul style="list-style-type: none"> •Transacciones y relaciones externas al mercado
Competencia tecnológica (3) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Actores económicos
Diversidad Tecnológica (4) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Innovación tecnológica recombinante •Innovación mediante fusión tecnológica
Externalidades de la red (5) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Ciclos de retroalimentación de decisiones •Valor tecnológico medido por usuarios
Interacciones sociales (6) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Retroalimentación de decisiones •Adopción tecnológica por formación de nuevos hábitos sociales
Dinámica del mercado (7) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Comportamiento de actores determinado por condiciones del mercado. •La innovación orientada por comportamiento de sus actores
Política ambiental (Sostenibilidad) (8) Zeppini (2011)	<ul style="list-style-type: none"> •Estándares tecnológicos flexibles
Convergencia tecnológica (Nicho Tecnológico) + Innovaciones radicales (9) Fatás-Villafranca, Jarne, y Sánchez-Chóliz (2012) / Choi, Jeong y Jung (2018)	<ul style="list-style-type: none"> •Inversión empresarial a través de fusión de tecnologías
Inversión endógena en I+D (10) Mulder, Reschke y Kemp (1999) / Fatás-Villafranca, Jarne, y Sánchez-Chóliz (2012) / Schot y Steinmueller (2016) / Choi, Jeong y Jung (2018) / Schot y Steinmueller (2016) Mazzucatto (2018)	<ul style="list-style-type: none"> - Aprendizaje organizacional y de producción (Rutinas Operativas) como variable de orientación para la inversión en I+D. - Sustitución de capital mediante I+D - El Estado promotor de la inversión en I+D
Umbral de conocimiento (Conocimiento como imperativo de la innovación) (11)	

Componentes Integrados	Trayectoria de los Componentes Integrados
Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012)	•Potencial tecnológico generado por conocimiento acumulativo
Transición Tecnológica y y Despliegue de Tecnología (12) Dosi (1982) / Pérez (2018 ^a , 2018b, 2018c) / Valenduc (2018)	•Maduración tecnológica por input de tecnologías
Punto de inflexión (13) Dosi (1982) / Pérez (2018 ^a , 2018b 2018c) / Valenduc (2018)	•Transición tecnológica, Instalación y despliegue de tecnología
Economía digital (14) Valenduc (2018)	•Digitalización como patrón tecnológico en transición
Desarrollo sostenible (Innovación Ecológica) (15) - Mulder, Reschke y Kemp (1999) / Schot y Steinmueller (2016) / Mazzucatto (2015)	•Trayectorias tecnológicas alternativas •Aparición de nuevos patrones de producción y consumo •La tecnología verde como régimen tecnológico
Evolución tecnológica por calidad del producto (16) Coccia (2018)	•Calidad temporal del producto define su propia evolución tecnológica
Trayectoria tecnológica (17) Dosi (1982) / Van Lente (1993) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c) / Valenduc (2018)	•Adaptación de actores del SNI a la digitalización •Nuevos productos con aplicaciones parecidas (Innovaciones incrementales).
Paradigma tecnológico (18) Van Lente (1993) / Kurzweil (2012) / Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c) / Valenduc (2018)	•Paradigma tecnológico como patrón tecnológico
Nexos entre instituciones (Redes) (19) Van Lente (1993) / Zeppini (2011) Cantner (2018)	•Coalición y coordinación entre actores •Información de actores para definir formas de actuación
Asimilación tecnológica (20) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b, 2018c)	•Despliegue de las industrias con base al contexto socioeconómico e institucional. •Efectos sociales del nuevo despliegue tecnológico
Dirección tecnológica (21) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b, 2018c)	•Propagación rentable del paradigma tecnológico
Difusión tecnológica (22) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	•Propagación tecnológica en grupos de usuarios. •Difusión tecnológica gradual producto de cambios organizativos y técnicos
Patrón tecnológico (23) Negraes (1995) / Kurzweil (2012) / Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	•Revoluciones tecnológicas diferenciadas
Acción del gobierno (Steering Function en el SNI) (24) Pérez Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)/ Mazzucatto (2015; 2018)	•Potencial transformador del paradigma por el contexto socio-institucional. •Innovaciones generadas por demandas. •El Estado como promotor de la innovación.

Componentes Integrados	Trayectoria de los Componentes Integrados
Política Científica (25) Lujan y Moreno (1996) Mazzucatto (2015; 2018)	<ul style="list-style-type: none"> •Tecnología como instrumento de poder político. •Política científica generada por la evolución paralela de tecnologías e instituciones. •La I+D bajo la dirección de los gobiernos
Comportamiento exponencial tecnológico (26) Kurzweil (2012)	<ul style="list-style-type: none"> •Aceleración exponencial de tecnología

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de la literatura.

Tabla 4.3

Definición de Variables (Componentes Integrados del Cambio Tecnológico)

VARIABLES (componentes integrados)	Definición
Heterogeneidad de los actores – homo agents (1) - Cantner (2018)/ Zeppini (2011)	Unidad micro o una entidad más grande que induce – como inventor e innovador de nuevas ideas – y / o propaga el cambio – como imitador y adoptador de la novedad con base a redes de cooperación.
Pluralidad e Interacción de los actores y competencia y cooperación (2) Cantner (2018)	Interacción que incorpora a nuevos actores que no están directamente involucrados en las transacciones y relaciones de competencia y mercado.
Competencia tecnológica (3) Zeppini (2011)	Fenómeno emergente que se utiliza para la toma de decisiones por parte de los agentes económicos.
Diversidad Tecnológica (4) Zeppini (2011)	Se basa en la tecnología recombinante, donde dos o más tecnologías se integran dando origen a una tercera tecnología innovadora que no presenta las mismas características de las tecnologías que le dieron origen.
Externalidades de la red (5) Zeppini (2011)	Ciclos de retroalimentación de decisiones que ocurren al momento que el valor de una tecnología aumenta por el número de usuarios que la utilizan.
Interacciones sociales (6) Zeppini (2011)	Proceso de relacionamiento impulsado por la adopción de la tecnología basado en hábitos de comunicación social.
Dinámica del mercado (7) Zeppini (2011)	Condiciones del mercado y características de comportamiento de los agentes que causan una prevalencia de innovación o imitación.
Política ambiental (Sostenibilidad) (8) Zeppini (2011)	Combinación sistemática con las políticas de innovación, capaz de flexibilizar los estándares tecnológicos para contribuir a la disminución del impacto ambiental.
Convergencia tecnológica (Nicho Tecnológico) + Innovaciones radicales (9) Fatás-Villafranca, Jarne, y Sánchez-Chóliz (2012) / Choi, Jeong y Jung (2018)	Cruce de diferentes campos de la tecnología que permite la focalización de los campos tecnológicos claves de convergencia lo cual puede ser usado como guía para priorizar la inversión en innovación.
Inversión endógena en I+D (10) Mulder, Reschke y Kemp (1999) / Fatás-Villafranca, Jarne, y Sánchez-Chóliz (2012) / Schot y Steinmueller (2016) / Choi, Jeong y Jung (2018) / Schot y Steinmueller (2016) Mazzucatto (2018)	Asignación de recursos donde una proporción de las ganancias son distribuidas a los propietarios del capital en forma de rentas y la otra dedicada al capital físico e intangibles.
Umbral de conocimiento (Conocimiento como imperativo de la innovación) (11) Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012)	Nuevo conocimiento acumulativo capaz de producir un salto en el potencial tecnológico de la economía y genera un nuevo paradigma tecnológico.

Variables (componentes integrados)	Definición
Transición Tecnológica y y Despliegue de Tecnología (12) Dosi (1982) / Pérez (2018 ^a , 2018b, 2018c) / Valenduc (2018)	Periodo en el cual las tecnologías van quedando obsoletas por la llegada de nuevos programas y recursos tecnológicos innovadores (difusión de innovación).
Punto de inflexión (13) Dosi (1982) / Pérez (2018 ^a , 2018b, 2018c) / Valenduc (2018)	Periodo transicional que representa el momento entre la fase de instalación y de despliegue de una tecnología.
Economía digital (14) Valenduc (2018)	Proceso de transición económica caracterizado por la renta de tecnologías de información y comunicación que actúan de forma combinada.
Desarrollo sostenible (Innovación Ecológica) (15) - Mulder, Reschke y Kemp (1999) / Schot y Steinmueller (2016) / Mazzucatto (2015)	Procesos sustentados en trayectorias tecnológicas alternativas vinculadas a los problemas ambientales, capaces de cambiar el régimen o patrón tecnológico existente.
Evolución tecnológica por calidad del producto (16) Coccia (2018)	Incrementos positivos en los niveles de características técnicas del producto que conducen a un aumento en su calidad.
Trayectoria tecnológica (17) Dosi (1982) / Van Lente (1993) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c) / Valenduc (2018)	Serie de productos con aplicaciones parecidas.
Paradigma tecnológico (18) Van Lente (1993) / Kurzweil (2012) / (2001; 2018a; 2018b; 2018c) / Valenduc (2018)	Agrupación de expectativas y nociones heurísticas relacionadas con un patrón tecnológico específico.
Nexos entre instituciones (Redes) (19) Van Lente (1993) / Zeppini (2011) Cantner (2018)	Coalición sólida entre los actores que suministran variación en los procesos de innovación.
Asimilación tecnológica (20) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	Proceso de acumulación de conocimiento capaz de producir cambios en el contexto socioeconómico y el marco socio-institucional, y asimismo el despliegue completo del potencial de creación de riqueza económica.
Dirección tecnológica (21) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	Gestión de recursos tecnológicos capaces de garantizar rentabilidad en el momento apropiado.
Difusión tecnológica (22) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	Proceso mediante el cual una tecnología se propaga en un grupo de usuarios de forma gradual.
Patrón tecnológico (23) Negraes (1995) / Kurzweil (2012) / Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c)	Condición social, histórica y cultural mediante la cual es integrada una o determinadas tecnologías combinadas.
Acción del gobierno (Steering Function en el SNI) (24) Pérez (2001, 2018 ^a , 2018b 2018c) / Mazzucatto (2015; 2018)	Capacidad de un actor de innovación de promover la interacción y generar capacidad innovativa de los otros actores involucrados.
Política Científica (25) Lujan y Moreno (1996) Mazzucatto (2015; 2018)	El poder público como inversionista de la I+D y distribuidor de las ganancias generadas en la sociedad
Comportamiento exponencial tecnológico (26) Kurzweil (2012)	Procesos evolutivos que se desarrolla de forma singular (exponencial) generando nuevas tecnologías en períodos de tiempo muy cortos.

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de la literatura.

Tabla 4.4

Componentes a ser operacionalizados

Componentes	Características que identifican al componente integrado	Preguntas
<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents 	<ul style="list-style-type: none"> Invencción Innovación Adopción de tecnología Redes heterogéneas 	¿La universidad desarrolla redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación?
<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	<ul style="list-style-type: none"> Transacciones y relaciones externas al mercado Actores económicos 	¿La universidad define la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización?
<ul style="list-style-type: none"> Diversidad tecnológica Convergencia tecnológica Nicho tecnológico 	<ul style="list-style-type: none"> Innovación tecnológica recombinante Innovación mediante fusión tecnológica Inversión empresarial a través de fusión de tecnologías 	¿La universidad desarrolla una estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías?
<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	<ul style="list-style-type: none"> Ciclos de retroalimentación de decisiones Valor tecnológico medido por usuarios 	¿La universidad, al momento de elegir e implementar la estrategia de innovación se basa en la demanda tecnológica existente en el mercado?
<ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales Asimilación tecnológica Acción del gobierno 	<ul style="list-style-type: none"> Retroalimentación de decisiones Adopción tecnológica por formación de nuevos hábitos sociales Despliegue de las industrias con base al contexto socioeconómico e institucional. Efectos sociales del nuevo despliegue tecnológico Potencial transformador del paradigma por el contexto socio-institucional. Innovaciones generadas por demandas de tipo dinámicas El Estado como promotor de la innovación y la financiación pública 	¿La universidad promueve mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de su estrategia de innovación?
<ul style="list-style-type: none"> Dinámica del mercado Economía digital 	<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento de actores determinado por condiciones del mercado. La innovación orientada por comportamiento de sus actores Digitalización cómo patrón tecnológico en transición. 	¿La universidad formula estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan?
<ul style="list-style-type: none"> Política ambiental Desarrollo sostenible 	<ul style="list-style-type: none"> Trayectorias tecnológicas alternativas Aparición de nuevos patrones de producción y consumo La tecnología verde como régimen tecnológico. 	¿La sostenibilidad ambiental se ubica entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad?
<ul style="list-style-type: none"> Inversión endógena en I+D 	<ul style="list-style-type: none"> Aprendizaje organizacional y de producción (Rutinas Operativas) como variable de orientación para la inversión en I+D. Sustitución de capital mediante I+D El Estado promotor de la inversión en I+D 	¿La orientación de los gastos e inversión de la universidad se determinan por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad?
<ul style="list-style-type: none"> Umbral de conocimiento (conocimiento) 	<ul style="list-style-type: none"> Potencial tecnológico generado por conocimiento acumulativo 	¿Las capacidades acumulativas de conocimiento marcan la orientación de la estrategia de I+D de la universidad?

Componentes	Características que identifican al componente integrado	Preguntas
como imperativo de la innovación)		
<ul style="list-style-type: none"> • Transición tecnológica y despliegue de tecnología • Punto de inflexión 	<ul style="list-style-type: none"> • Maduración tecnológica por input de tecnologías. • Transición tecnológica, Instalación y despliegue de tecnología 	¿La universidad formula su estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías?
<ul style="list-style-type: none"> • Evolución tecnológica por calidad del producto 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad temporal del producto define su propia evolución tecnológica 	¿Las innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad sustentan la continuación de la estrategia de I+D?
<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de actores del SNI a la digitalización • Nuevos productos con aplicaciones parecidas (Innovaciones incrementales). 	¿La transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación se constituye en una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria?
<ul style="list-style-type: none"> • Paradigma tecnológico • Patrón tecnológico 	<ul style="list-style-type: none"> • Paradigma tecnológico como patrón tecnológico • Revoluciones tecnológicas diferenciadas 	¿La universidad formula su estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización?
<ul style="list-style-type: none"> • Nexos entre instituciones (redes) 	<ul style="list-style-type: none"> • Coalición y coordinación entre actores • Información de actores para definir formas de actuación 	¿La universidad diferencia la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación?
<ul style="list-style-type: none"> • Dirección tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Propagación rentable del paradigma tecnológico 	¿La universidad hace análisis económico del beneficio que le generaría el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación?
<ul style="list-style-type: none"> • Difusión tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Coalición y coordinación entre actores • Información de actores para definir formas de actuación 	¿La difusión de tecnología se conforma en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad?
<ul style="list-style-type: none"> • Política científica 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología cómo instrumento de poder político. • Instituciones • Política científica generada por la evolución paralela de tecnologías e instituciones. -La I+D bajo la dirección de los gobiernos 	¿La universidad implementa su estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos?
<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento exponencial tecnológico 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceleración exponencial de tecnología 	¿La universidad posee una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación?

Fuente: Elaboración propia

Subfase 3- Establecimiento de las condiciones de causa

Establecer las condiciones de causa que el investigador relaciona con el resultado a comparar es el requisito de la sub-fase III de la fase I (Gandini, 2012). En este sentido, y para efectos del QCA los “componentes integrados” serán tratados cómo variables. Dichas

variables serán de dos tipos: a) variables causales o independientes y b) variables dependiente o resultado (Díaz et. al, 2013). Las combinaciones posibles de las variables causales proveerán el resultado.

Los componentes integrados del cambio tecnológico identificados serán las variables independientes. Las mismas, están asociadas a la presencia de un resultado – variable dependiente –, que para efectos de la investigación se refiere a la caracterización de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

De acuerdo con el objetivo metodológico de esta investigación, las variables deben ser transformadas de variables continuas a fuzzy sets – categorías difusas – (Cooper y Glaesser, 2012). Esta transformación se conoce como calibración, permitiendo así que el valor de la variable se interprete de acuerdo a intervalos. Mikalef y Pateli (2017) mencionan que en la modalidad de conjuntos difusos las variables dependientes e independientes toman valores desde 0 - lo cual indica que no existe membresía de conjunto – hasta 1 – que indica la membresía de conjunto completo –. En consecuencia, los valores se pueden medir en una escala continua [0-1] que indica el nivel de pertenencia a la variable considerada.

El procedimiento de calibración se basa en el método introducido por Ragin (2009) en donde se establece que, para determinar el grado de membresía para cada variable, se definen tres anclas que denotan: 1) membresía completa – puntaje difuso = 0.95 –; 2) no membresía completa – puntaje difuso = 0.05 –; y 3) el punto de cruce – puntaje difuso = 0.50 – (Woodside, 2014). Dado que esta investigación utiliza una escala Likert de 4 puntos para calibrar los componentes se recurre al procedimiento descrito por Ordanini, Parasuraman y

Rubera (2014) y Ragin (2008) para transformarlos en conjuntos difusos, a través de la función logística que integra Duşa (2018, 2019) en la librería⁹¹ de QCA en R.

Ragin (2008) señala que para manipular de manera eficiente las variables se precisa otorgarles una nomenclatura sencilla, sin caracteres especiales, acentos y en minúsculas, es por lo que las 18 preguntas formuladas para caracterizar la digitalización como patrón tecnológico dominante del cambio tecnológico en las universidades públicas mexicanas (ver tabla anterior 4.4) se les asignara una “clave⁹²” (o código de identificación) (Ver tabla 4.5).

Tabla 4.5

Variables de análisis

No.	Variabes	Clave de la Variable ⁹³	Tipo de Variable
1	• Heterogeneidad de los actores – homo agents –	hactor	Independiente
2	• Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación	iaactor	Independiente
3	• Diversidad tecnológica • Convergencia tecnológica • Nicho tecnológico	diversidadt	Independiente
4	• Externalidades de la red	externaidadr	Independiente
5	• Interacciones sociales • Asimilación tecnológica • Acción del gobierno	interaccions	Independiente
6	• Dinámica del mercado • Economía digital	economiad	Independiente
7	• Política ambiental • Desarrollo sostenible	dsostenible	Independiente
8	• Inversión endógena en I+D	inversionend	Independiente
9	• Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación)	uconocimiento	Independiente
10	• Transición tecnológica y despliegue de tecnología • Punto de inflexión	puntoinf	Independiente
11	• Evolución tecnológica por calidad del producto	calidad	Independiente.
12	• Trayectoria tecnológica	trayectoria	Independiente
13	• Paradigma tecnológico • Patrón tecnológico	patront	Independiente

⁹¹ La aplicación del fsQCA se hizo a través del lenguaje de programación R, específicamente la librería de Duşa (2018, 2019).

⁹² La clave de la variable se genera a partir de su nombre.

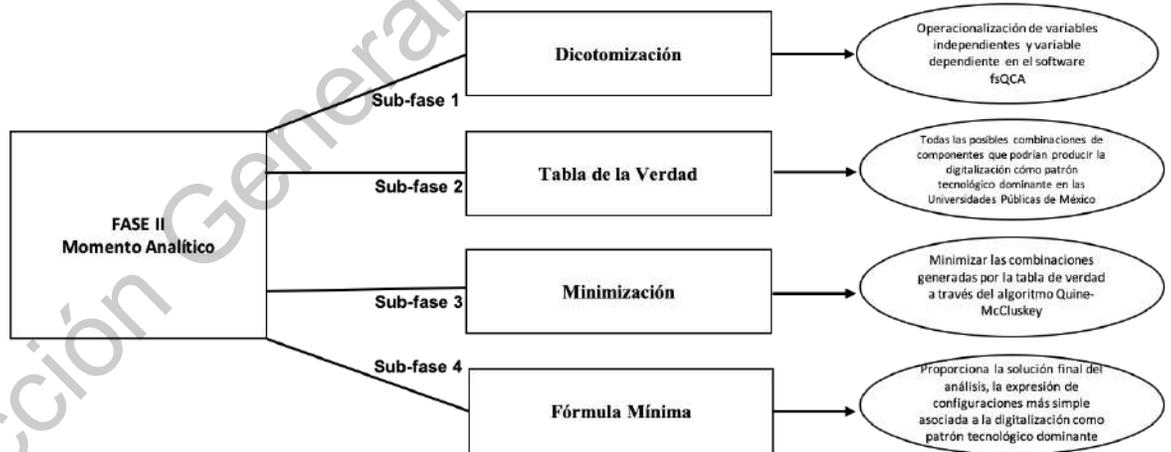
No.	Variables	Clave de la Variable ⁹³	Tipo de Variable
14	• Nexos entre instituciones (redes)	nexoinst	Independiente
15	• Dirección tecnológica	direcciont	Independiente
16	• Difusión tecnológica	difusiont	Independiente
17	• Política científica	pcientifica	Independiente
18	• Comportamiento exponencial tecnológico	exponencialt	Independiente
19	Digitalización y nueva dinámica del cambio tecnológico ⁹⁴	dct	Dependiente o resultado

Fuente: Elaboración propia.

Fase II: Análisis de los datos: operacionalización de los componentes integrados del cambio tecnológico en el contexto de la gestión de innovación de las universidades mexicanas

Una vez definidas por su clave las variables independientes e independiente y posteriormente calibradas (asignación de valor de 0 a 1), se prosigue a la realización de la fase II del QCA (Ver figura 4.5).

Figura 4.5 Fase II del QCA: Análisis de datos



Fuente: Elaboración propia

⁹⁴ La variable 19 no le fue asignado una pregunta dado que esta variable obedece a la presencia del fenómeno a investigar el cuál está presente en todos los casos de estudios, por lo tanto, asume el valor de uno (1). Esto significa que esta variable no esta presente el los componentes integrado analizados en el capítulo No. 3.

A través de la librería QCA en R de Duşa (2019) se determinan las diversas condiciones en que se desarrolla la digitalización cómo patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México. Los pasos realizados fueron los siguientes:

1. Almacenamiento de la base de datos que contiene los datos empíricos (información recogida en cuestionarios) a la librería QCA.

2. Calibración de variables a categorías difusas a través de las funciones fuzzy set y logística propuestas por Ragin (2008), es decir, las variables independientes toman valores desde 0 a 1 de acuerdo a los datos empíricos recolectados de los cuestionarios indicando el nivel de pertenencia a la digitalización como patrón tecnológico dominante.

3. Utilización de la primera herramienta analítica del QCA, la creación de la tabla de verdad. A través de este paso se obtiene la totalidad de configuraciones causales de las variables y se conoce la coincidencia de los casos para cada configuración relacional (Ragin, 2006 y Escott, 20018). La tabla de la verdad genera todas las posibles combinaciones de componentes que podrían producir la digitalización cómo patrón tecnológico dominante en las Universidades Públicas de México.

4. Depuración de las combinaciones posibles obtenidas. Dichas combinaciones surgen de la tabla de la verdad y a través de este paso es como se puede determinar los componente integrados que se asocian a la digitalización cómo patrón tecnológico dominante en las universidades (Ver Tabla 4.6), pero no todas estas combinaciones son relevantes en un primer momento, por ello es necesario depurar aquellas que no cuentan con casos – denominados “remainders”, dado que estas no necesariamente

responden a casos reales acopiados en la muestra del objeto de estudio, o tampoco responden a un número relevante de casos (Ragin, 2006 y Escott, 20018).

Tabla 4.6

Tabla de la verdad

OUT: output value
n: number of cases in configuration
incl: sufficiency inclusion score
PRI: proportional reduction in inconsistency+E73

No. Configuración	FACTOR	FACTOR	DIVERSIDAD	EXTERNADAD	INTERACCIONS	ECONOMIACIS	DSOSTENSIBLE	INVERSIONENO	UCONOCIMIENTO	FUNTIONE	CAUDDA	TRAVECTORIAT	PATRONI	NEKIONIST	DIRECCIONI	DIFFUSIONI	PCENTIFICA	EXPONENCIALI	OUT	n	incl	PRI
262056	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1.000	1.000
18433	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.000	1.000
83921	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.000	1.000
122922	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1.000	1.000
165953	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1.000	1.000
195455	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1.000	1.000
208449	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.000	1.000
207937	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1.000	1.000
224801	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1.000	1.000
231425	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.000	1.000
260478	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1.000	1.000
261941	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1.000	1.000
262008	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1.000	1.000

Fuente: Elaboración a partir librería QCA Duşa (2019).

5. La fase de depuración también se conoce como frecuencia. De acuerdo a Ragin (2006) en muestras pequeñas – caso de esta investigación – una exclusión idónea de combinaciones relaciones ocurre cuando no se tiene un número significativo de casos. Precisando, en la investigación han sido eliminadas todas aquellas combinaciones que presentar un número de casos igual a 0, por lo tanto, el punto de corte resulta ser igual a 1, es decir, toda combinación menor a 1 caso real será excluida. Resumiendo, se eliminan las combinaciones de componentes integrados a la digitalización como patrón tecnológico dominante que no devengas de los cuatros casos considerados para la investigación.

6. Después de la depuración se prosigue al establecimiento de la “consistencia”. Esto significa que se establece una relación de suficiencia entre las variables. De acuerdo a Díaz et al. (2013) el nivel de consistencia debe mantenerse en 1 cuando son muestras pequeñas con variables dicotómicas y cuando las variables son fuzzy sets

está permitido reducirlo. Ragin (2009) recomienda que los niveles de consistencia no deberían ser inferiores a 0,75. En consecuencia para esta investigación se considera un nivel de consistencia de 0.8, el mismo se presenta como adecuado para establecer relaciones de suficiencia en las variables seleccionadas. La consistencia constituye que tan consistente es la relación de los componentes integrados con la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades.

7. Minimización de combinaciones generadas: al ser establecidos los dos cortes: frecuencia y consistencia, se procede a realizar el proceso central de la metodología QCA, la minimización lógica o booleana (Ragin, 2009). Esto se logra teniendo como objetivo la minimización de las combinaciones generadas por la tabla de verdad a través del algoritmo Quine-McCluskey (Ragin, 2009). Este proceso tiene como objetivo reconocer la variedad de combinaciones relacionales que precisan un resultado igual, es decir, este algoritmo nos proporciona tanto la solución final del análisis como la expresión de configuraciones más simples asociadas a la variable de salida o outcome. Es decir, nos proporciona una configuración de categorizaciones teóricas que serían producidas por los efectos de la digitalización cómo patrón tecnológico dominante en las universidades públicas en México (Ragin, 2006).

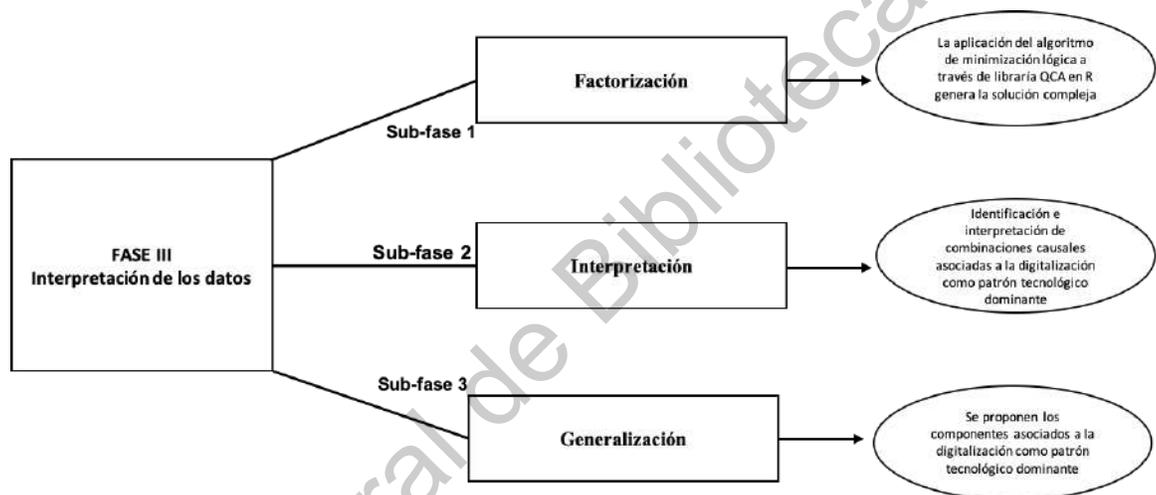
Fase III: interpretación de los datos: la gestión de innovación universitaria en México frente a la dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante

Al ser aplicado el algoritmo de minimización lógica a través de librería QCA se genera una solución compleja⁹⁵ también denominada por Duşa (2019) como una solución

⁹⁵ Se mencionó anteriormente que existen tres soluciones: compleja, intermedia y parsimoniosa.

conservadora. Dicha “solución” se enfoca en las condiciones asociadas con la presencia del resultado para encontrar la condición más corta y simple que sea equivalente a las configuraciones positivas iniciales (Duşa, 2019). Este proceso se desarrolla a través de la interpretación de resultados (Ver figura 4.6).

Figura 4.6 Fase III del QCA: Interpretación de los Datos



Fuente: Elaboración propia

Subfase 1 – Factorización

Para la investigación el algoritmo de minimización lógica arroja los componentes integrados del cambio tecnológico asociados con la presencia de la digitalización como patrón tecnológico imperante en las universidades publicas mexicanas.

La investigación opta por la solución compleja, al ser la que presenta un resultado detallado, donde las combinaciones de componentes integrados del cambio tecnológico

asociados al patrón de la digitalización no son minimizadas y sobre todo por su enfoque conservador⁹⁶ ante la evidencia empírica.

La tabla 4.7 muestra cómo se presenta la solución compleja en conjunto con sus configuraciones relacionales suficientes – componentes integrados del cambio tecnológico asociados al patrón de la digitalización –, tasa de cobertura total⁹⁷, tasa de cobertura exclusiva⁹⁸ por cada una de las combinaciones que integran la solución, así como el índice de consistencia⁹⁹. Aquí también se integra la tasa de cobertura e índice de consistencia de la solución en conjunto.

⁹⁶ Solución más detallada, aquí las combinaciones suficientes no se simplifican pues se admite que si se excluyen por no tener casos reales estas producirán ausencia del resultado (Escott, 2018).

⁹⁷ También denominada Raw coverage; indica el porcentaje total de casos que explican el resultado a partir de una configuración (Escott, 2018).

⁹⁸ Se conoce también como Unique coverage y hace referencia al porcentaje de casos explicados exclusivamente por una determinada configuración (Escott, 2018).

⁹⁹ También conocido como Sufficiency Inclusion Score; se basa en la puntuación de inclusión de suficiencia, devolviendo un valor de verdad que indica el grado en que la evidencia es consistente con la hipótesis de que existe una relación de suficiencia entre una configuración y el conjunto de resultados (Escott, 2018).

Tabla 4.7

Solución compleja de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

Modelo de configuraciones

M1

HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRAYECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*DIFUSION*PCIENTIFICA*EXPONENCIALT +
 ~HACTOR*~IACTOR*~DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*~DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT +
 ~HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*~DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT +
 HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDA D*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT +
 HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT +
 HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT +
 HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRA YECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*DIRECCIONT*DIFUSION*PCIENTIFICA*EXPONENCIALT +
 HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT +
 HACTOR*~IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRA YECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*DIRECCIONT*DIFUSION*PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT +
 ~HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRA YECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*~DIRECCIONT*DIFUSION*PCIENTIFICA*EXPONENCIALT
 => DIGITALIZACIONPATRON

	indS	PRI	covS	covU
1 HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRAYECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*DIFUSION*PCIENTIFICA*EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.269	0.210
2 ~HACTOR*~IACTOR*~DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*~DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.093	0.040
3 ~HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*~DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.093	0.044
4 HACTOR*~IACTOR*DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*~DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.093	0.040
5 HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.124	0.040
6 HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.093	0.040
7 HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*~DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.102	0.040
8 HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.099	0.040
9 HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*~DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.084	0.044
10 HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.093	0.025
11 HACTOR*~IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRAYECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*DIRECCIONT*DIFUSION*PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.087	0.040
12 ~HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSION*~PCIENTIFICA*EXPONENCIALT	1.000	1.000	0.068	0.044
M1	1.000	1.000	0.736	

Fuente: Elaboración a partir de la librería QCA Duşa (2019).

La solución de la tabla 4.7 está compuesta de dos apartados. El primer apartado establece la configuración de categorías (Modelo M), representada por los componentes integrados del cambio tecnológico que son esenciales para que se aborde la digitalización como expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante. Esta es una solución con una alta relevancia teórica capaz de explicar los casos estudiados: UNAM, UAQ, UTEQ y UdeG.

Así mismo se puede apreciar al final del modelo M1 el símbolo \rightarrow , esto representa que el algoritmo de minimización ha establecido la “condición de suficiencia”, es decir que los componentes integrados del cambio tecnológico a través de sus configuraciones individuales separadas por el signo + le otorgan la característica a la digitalización como patrón tecnológico dominante.

El Modelo M1 se muestra con el lenguaje propio del fsQCA, donde el signo + representa el $\underline{\cup}$ utilizado en las operaciones lógicas simbolizando la existencia de más de una condición de suficiencia¹⁰⁰ (Wagemann, 2012). El signo * representa conjunción o bien el “Y” lógico (Wagemann, 2012). El signo \sim representa disyunción o condición necesaria pero no suficiente para producir el resultado (Wagemann, 2012).

Al revisar el modelo M1 se aprecia que existen 12 configuraciones individuales de los elementos integrados del cambio tecnológico separadas por el signo + que podrían darle a la digitalización la característica de patrón tecnológico imperante en las universidades públicas mexicanas. Cada elemento de la configuración individual esta unido por el símbolo * implicando condiciones compuestas, quiere decir, que son condiciones necesarias y que tiene

¹⁰⁰ Mackie (1988) denomina la condición INUS como una condición insuficiente por si misma pero que debe estar presente en combinación con otros elementos para que se genere el resultado.

que estar en su totalidad la conjunción de elementos para que se genere el resultado. Esto puede representarse de la siguiente manera:

$$M1: C1+C2+C3+C4+C4+C6+C7+C8+C9+C10+C11+C12 \rightarrow D$$

Donde:

D: Digitalización como patrón tecnológico dominante

Cn: Componentes integrados del cambio tecnológico operacionalizados

C1: HACTOR*IACTOR* DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*EC
 ONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*C
 ALIDAD*TRAYECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*DIFUSIONT*PCIENTIFICA*E
 XPONENCIALT.

El Modelo M1 se interpreta como que C1+...C12 implica D, donde exista C1+...C12 existirá D. A esto es lo que se le conoce como equifinalidad en la complejidad causal. El modelo M1 plantea varias configuraciones que producen la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México, esto quiere decir que M1 es una solución equifinal, donde inclusive si no se hicieran presentes las configuraciones C1+C2+C3+C4+C6+C7+C8+C9+C10+C11+C12 el resultado se generaría alternativamente con la configuración C4 y viceversa, esto gracias a la equifinalidad. Lo que si es imprescindible es la presencia de todos los elementos que integran C4 -
 HACTOR*~IACTOR* DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECO
 NOMIADIG*~DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF

~CALIDAD~TRAYECTORIA*~PATRON*~NEXOINST*DIRECCION*DIFUSION*PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT – dado que la combinación de estos componentes integrados del cambio tecnológico es la que le da la característica a la digitalización como patrón tecnológico dominante.

El segundo apartado de la tabla 4.7 donde se puede apreciar cada configuración individual –enumerada del 1 al 12–, es decir cada componente integrado del cambio tecnológico de forma individual que produzca la digitalización como patrón tecnológico dominante junto a sus indicadores (los cuales serán definidos en el próximo párrafo): a) sufficiency inclusion score – inclS –; b) proportional reduction in inconsistency – PRI –; c) Raw coverage – covS –; y d) unique coverage – covU –.

Se precisa definir los indicadores anteriores pues es necesario al momento de la interpretación de los resultados. Wagemann (2012) define el PRI como una medida de ajuste propuesta por Ragin (2008) para calcular el grado en que un término mínimo es tan suficiente para un resultado como lo es para la negación de este resultado.

Ragin (2008) menciona que un valor igual a 0.8 o mayor es suficiente para generar un resultado. Por su parte Duşa (2019) menciona que Sufficiency Inclusion Score se basa en la puntuación de inclusión de suficiencia, devolviendo un valor de verdad que indica el grado en que la evidencia es consistente con la hipótesis de que existe una relación de suficiencia entre una configuración y el conjunto de resultados. Raw coverage indica el porcentaje total de casos que explican el resultado a partir de una configuración (Escott, 2018). Unique coverage hace referencia al porcentaje de casos explicados exclusivamente por una determinada configuración (Escott, 2018).

En este sentido, la tabla 4.8 exhibe detalladamente las configuraciones individuales de los componentes del cambio tecnológico que identifican a la digitalización como una expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México, así como sus indicadores correspondientes los cuales serán en lo sucesivo analizados. A partir de la operacionalización de variables se precisa señalar que se ha designado un SI para indicar el componente integrado presente, y un NO al componente integrado ausente, signo ~ para la disyunción del componente integrado; disyunción en fuzzy sets representa el componente que está presente, aunque en un nivel bajo.

Tabla 4.8

Configuraciones que conducen a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades Públicas de México

M1	FACTOR	FACTOR	DIVERSIDAD	EXTERNADAD	INTERACCIONS	ECONOMADG	DISGIBENBLE	INVERSIOMEN	UCEDOCUMEN	FUNTORIN	CAIDAD	TRAVECTORAT	PATRON	NOONST	DIRECCION	DIFFUSION	PCIENTIFICA	EXPONENCIAL	INCIS	PRI	GDVS	GDVV
1 (C1)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	1.000	1.000	0.269	0.210
2 (C2)	~	~	~	SI	~	~	SI	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	1.000	1.000	0.093	0.040
3 (C3)	~	SI	~	SI	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	1.000	1.000	0.093	0.044
4 (C4)	SI	~	SI	~	~	~	SI	~	~	~	~	~	~	~	SI	SI	SI	~	1.000	1.000	0.093	0.040
5 (C5)	SI	SI	~	~	SI	~	SI	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	1.000	1.000	0.124	0.040
6 (C6)	SI	SI	~	SI	SI	~	SI	SI	SI	~	~	~	SI	~	~	~	~	~	1.000	1.000	0.093	0.040
7 (C7)	SI	SI	SI	~	~	~	SI	~	~	~	SI	~	~	~	~	~	~	~	1.000	1.000	0.102	0.040
8 (C8)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	~	~	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	~	SI	1.000	1.000	0.099	0.040
9 (C9)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	~	SI	SI	~	SI	~	~	1.000	1.000	0.084	0.044
10 (C10)	SI	SI	~	~	SI	~	SI	SI	~	~	SI	SI	~	~	~	~	~	~	1.000	1.000	0.093	0.025
11 (C11)	SI	~	SI	SI	SI	SI	SI	~	~	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	~	1.000	1.000	0.087	0.040
12 (C12)	~	SI	SI	~	SI	SI	SI	~	~	SI	SI	SI	SI	SI	~	SI	SI	SI	1.000	1.000	0.068	0.044
M1																			1.000	1.000	0.736	

Fuente: Elaboración propia.

La primera de las doce configuraciones (C1) indica que de los dieciocho – 18 – componentes integrados del cambio tecnológico operacionalizados, diecisiete – 17 – están presentes dentro de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México (Ver tabla 4.8). La tabla 4.9 describe un conjunto de estrategias de gestión de innovación de acuerdo a cada componte integrado del cambio tecnológico.

Tabla 4.9

Primera configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRAYECTORIAT*PATRONT*NEXONST*DIFUSIONT*PCIENTIFICA*EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
SI	<ul style="list-style-type: none"> •Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Pluralidad e Interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> •Diversidad Tecnológica •Convergencia tecnológica •Nicho Tecnológico 	diversidadt	Desarrollo de una estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> •Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
SI	<ul style="list-style-type: none"> •Interacciones sociales •Asimilación tecnológica •Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> •Dinámica del mercado •Economía digital 	economiad	Formulación de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> •Política ambiental •Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> •Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.

SI	•Umbral de conocimiento (Conocimiento como imperativo de la innovación)	uconocimiento	Orientación de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
SI	• Transición Tecnológica y Despliegue de Tecnología •Punto de inflexión	puntoinf	Formulación de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
SI	•Evolución tecnológica por calidad del producto	calidad	Continuación de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
SI	•Trayectoria tecnológica	trayectoria	Constitución de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
SI	•Paradigma tecnológico •Patrón tecnológico	patront	Formulación de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
SI	•Nexos entre instituciones (Redes)	nexoinst	Diferenciación de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
NO	•Dirección tecnológica	direcciont	Análisis del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
SI	•Difusión tecnológica	difusiont	Conformación la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
SI	•Política Científica	pcientifica	Implementación de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
SI	•Comportamiento exponencial tecnológico	exponencialt	Consolidación de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la tabla 4.9 que el componente que no está presente en la configuración es el de “dirección tecnológica”, lo cual significaría que esta variable no es

asociada a la caracterización de la digitalización como patrón tecnológico dominante. Siendo así se procede para esta configuración descartar la variable en un primer momento de este análisis, dado que posteriormente esta variable si se presenta en otras configuraciones individuales.

Esta configuración (C1) también indica a través de su cobertura total: 0.269 que el 27% (ver tabla 4.8) de los actores entrevistados de las universidades públicas de México validan que los componentes integrados del cambio tecnológico, muestran en efecto una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas a la digitalización como patrón tecnológico dominante y como expresión del cambio tecnológico, esto a razón que el índice de cobertura indica el porcentaje total de casos que explican la digitalización como patrón tecnológico dominante a partir de los componentes integrados (C1). Los componentes integrados presentes que indican que hay un posible potencial de adaptación se muestran en la tabla 4.10.

Tabla 4.10

Primera configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

Variables	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
• Heterogeneidad de los actores – homo agents –	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
• Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
• Diversidad tecnológica • Convergencia tecnológica • Nicho Tecnológico	Desarrollo de una estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
• Externalidades de la red	Elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
• Interacciones sociales • Asimilación tecnológica	Promoción de mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para

Variables	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
•Acción del gobierno	obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
•Dinámica del mercado •Economía digital	Formulación de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
•Política ambiental •Desarrollo sostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
•Inversión endógena en I+D	Determinación de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
•Umbral de conocimiento (Conocimiento como imperativo de la innovación)	Orientación de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
• Transición Tecnológica y Despliegue de Tecnología •Punto de inflexión	Formulación de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
•Evolución tecnológica por calidad del producto	Continuación de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
•Trayectoria tecnológica	Constitución de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
•Paradigma tecnológico •Patrón tecnológico	Formulación de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
•Nexos entre instituciones (Redes)	Diferenciación de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
•Difusión tecnológica	Conformación la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
•Política científica	Implementación de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
•Comportamiento exponencial tecnológico	Consolidación de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, de acuerdo a la tabla 4.9, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos eventos: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para que se identifique a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación, 27% de ellos presentan a la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Esta primera configuración realizada evidencia que la configuración representada en el 27% de los entrevistados llevan a cabo actividades de gestión de innovación a partir de 17 componentes integrados del cambio tecnológico. En resumen, el 27% representa el nivel potencial de adaptación que tienen las universidades públicas mexicanas respecto a la digitalización como patrón tecnológico dominante, sustentado en la gestión de innovación.

La tabla 4.11 muestra la segunda configuración, en ella se puede apreciar que están presentes todos los 18 componentes integrados del cambio tecnológico y por lo tanto, validan la presunción de la aparición de la digitalización como expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México, sin embargo, la mayoría de los componentes integrados tienen una condición de disyunción. Esto quiere decir que los componentes integrados que presenta esta disyunción están presentes pero con un nivel de pertenencia bajo. Más concretamente, esto significa que la estrategia de gestión de innovación de las universidades es débil o incipiente y convalida una de las premisas de esta investigación: y es el posible alto nivel de desarticulación de los actores que conforman el Sistema Nacional de Innovación, y que no permite en consecuencia habilitar el proceso de transición tecnológica por parte de las universidades (Estrada et al., 2016).

Tabla 4.11

Segunda configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

~HACTOR*~IACTOR*~DIVERSIDADT*EXTERNAIADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSIONT*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
~	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo <i>incipientemente</i> de redes heterogéneas internas y externas de actores como parte de la adaptación tecnológica e innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e Interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición <i>incipientemente</i> de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad Tecnológica Convergencia tecnológica Nicho Tecnológico 	diversidadt	Desarrollo <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
~	<ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales Asimilación tecnológica Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción <i>incipientes</i> entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Dinámica del mercado Economía digital 	economiad	Formulación <i>incipientemente</i> de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política ambiental Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación <i>incipientemente</i> de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Umbral de conocimiento (Conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
~	<ul style="list-style-type: none"> Transición Tecnológica y Despliegue de Tecnología Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
~	<ul style="list-style-type: none"> Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de innovaciones

			incrementales desarrolladas por la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución <i>incipientemente</i> de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Paradigma tecnológico • Patrón tecnológico 	patront	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Nexos entre instituciones (Redes) 	nexoinst	Diferenciación <i>incipientemente</i> de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis <i>incipientemente</i> del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación <i>incipientemente</i> de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Política Científica 	pcientifica	Implementación <i>incipientemente</i> de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta segunda configuración indica a través de su cobertura total de 0.093 que el 9% (Ver tabla 4.8 renglón C2) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante.

Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C2), 9% de ellos presentan también el resultado

de la digitalización como patrón tecnológico dominante. Una vez explicadas las configuraciones más relevantes uno y dos a través de las tablas 4.9 y 4.11, las 10 configuraciones restantes se podrán consultar en el Anexo 4.

Es relevante mencionar que de acuerdo a la tabla 4.7 el conjunto de las doce – 12 – configuraciones posee una cobertura de solución del 0.736 – 73% – indicando la proporción de casos en donde los actores entrevistados validan la presencia de los componentes integrados del cambio tecnológico.

Adicionalmente y al mismo tiempo relevante del análisis fsQCA en el modelo M1, es que es una solución equifinal, donde inclusive si no se hicieran presentes las configuraciones C1+C3+C4+C6+C7+C8+C9+C10+C11+C12 el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante se generaría alternativamente a través de las combinaciones de componentes integrados contenidos en la configuración C2 y viceversa, esto de acuerdo al concepto teórico de la equifinalidad.

De igual manera existe la posibilidad de que se presenten varias configuraciones individuales en un mismo momento – C6+C7+C8 –. Esto se conforma en el fundamento para no descartar el componente de la dirección tecnológica – *direccion* – que no aparece en la primera configuración.

Los componentes integrados del cambio tecnológico dentro de cada configuración individual son denominadas condiciones INUS¹⁰¹, que implica que ningún componente integrado del cambio tecnológico por sí mismo representa una condición suficiente, se requiere que todos los componentes integrados del cambio tecnológico que integran la

¹⁰¹ Mackie (1988) denomina la condición como una condición insuficiente por sí misma pero que debe estar presente en combinación con otros elementos para que se genere el resultado.

configuración individual estén presentes para conformar la suficiencia y así poder asociarle a la digitalización la característica de patrón tecnológico dominante en el contexto de las universidades mexicanas analizadas.

De acuerdo con Wagemann (2012) la realidad social presiona a argumentar a través de la equifinalidad la explicación de un fenómeno, pues la causalidad coyuntural precisa que la mayoría de las veces una condición no posee suficiencia, y por lo tanto deben coexistir otras en combinación como ya se vio en el Modelo M1.

El modelo M1 nos muestra los componentes integrados del cambio tecnológico que caracterizan a la digitalización como patrón tecnológico dominante y su valoración en las universidades públicas de México, partiendo de la causalidad asimétrica esto no representa que se conozcan las causas para un resultado opuesto, es decir, no se conoce que componentes no genera una valoración a la digitalización como patrón tecnológico dominante (Wagemann, 2012).

Quiere decir esto, que la aplicación del Modelo M1 viene a dar solución al objetivo tres de esta investigación, el cual consiste en operacionalizar las variables de la digitalización como patrón tecnológico dominante en el contexto de la gestión universitaria en México .

Otro aspecto importante que nos muestra el Modelo M1 son los componentes individuales relevantes dentro de las doce – 12 – configuraciones de categorías esenciales asociadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México (Ver tabla 4.12).

Tabla 4.12

Configuraciones individuales relevante asociadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

M1	HACTOR	IACTOR	EXTERNAIDADR	INTERACCIONS	DSOSTENIBLE
1	SI	SI	SI	SI	SI
2	~	~	SI	~	SI
3	~	SI	SI	~	~
4	SI	~	~	~	SI
5	SI	SI	~	SI	SI
6	SI	SI	SI	SI	SI
7	SI	SI	~	~	SI
8	SI	SI	SI	SI	SI
9	SI	SI	SI	SI	SI
10	SI	SI	~	SI	SI
11	SI	~	SI	SI	SI
12	~	SI	SI	SI	SI
No de veces que aparece el componente	9	9	8	8	11

Fuente: Elaboración propia.

Los cinco – 5 – componentes individuales relevante de la tabla se refieren a:

- 1) HACTOR: desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
- 2) IACTOR: definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
- 3) EXTERNAIDADR: elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
- 4) INTERACCIONS: promoción de mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.

5) DSOSTEBNIBLE: ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.

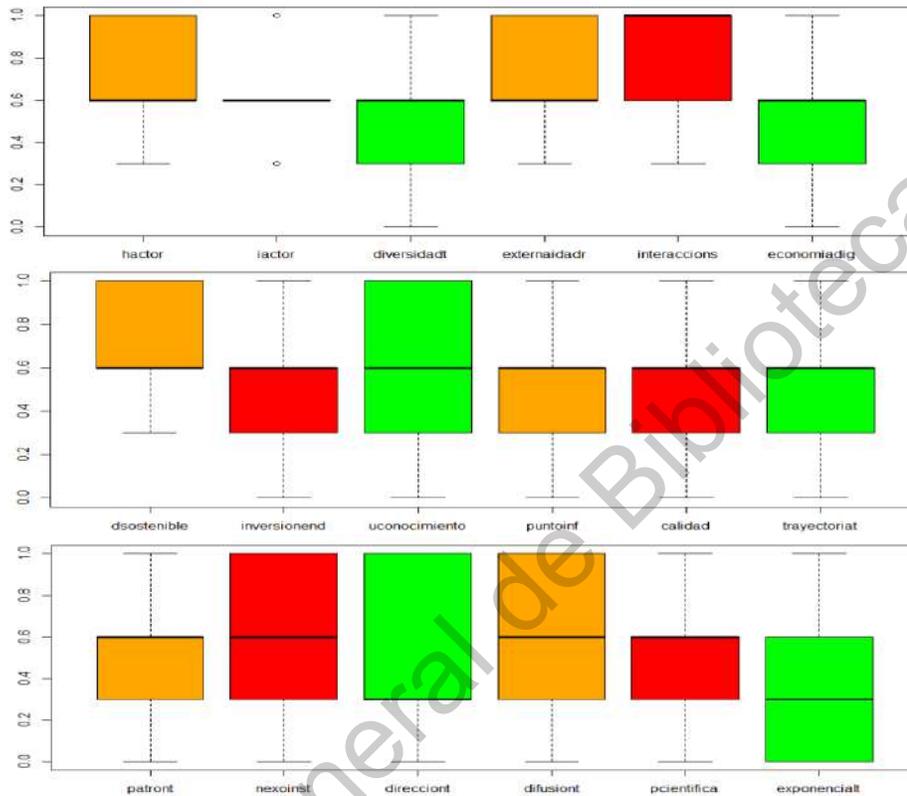
Estos cinco componentes individuales asociados a la digitalización como expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México resultan relevantes, dado que aparecen identificados en un mayor número de veces en todas las configuraciones respecto a los otros componentes. Tres de estos componentes muestran señales de mecanismos de interacción entre actores de innovación, lo cual viene a respaldar nuevamente la premisa de la investigación de la importancia que tiene el Sistema de Nacional de Innovación en las universidades estudiadas (Berryhill, Kok Heang y Clogher, 2019 y Estrada et al., 2016).

Para profundizar más y complementar la validez de los datos arrojados por el Análisis Cualitativo Comparativo en su categoría difusa (fsQCA) se recurre al análisis inferencial¹⁰² a través de los diagramas de caja y los histogramas.

Los diagramas de caja de la figura 4.7 presentan visualmente la dispersión de los datos de cada una de los componentes integrados del cambio tecnológico asociados a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Esto permite identificar hacia que extremo existe una mayor concentración de los datos, considerando que “0” indica la no presencia del componente y “1” indica la presencia de este. Para una mayor comprensión de la figura 4.7, donde se localiza el diagrama de caja, se encuentra la mayor densidad de los datos.

¹⁰² La estadística inferencial usa una muestra aleatoria de datos tomados de una población para describir y hacer inferencias sobre la población (Linás Solano, 2018).

Figura 4.7 Diagramas de caja de los componentes integrados del cambio tecnológico relevante asociadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México



Fuente: Elaboración propia a partir de paquete R.

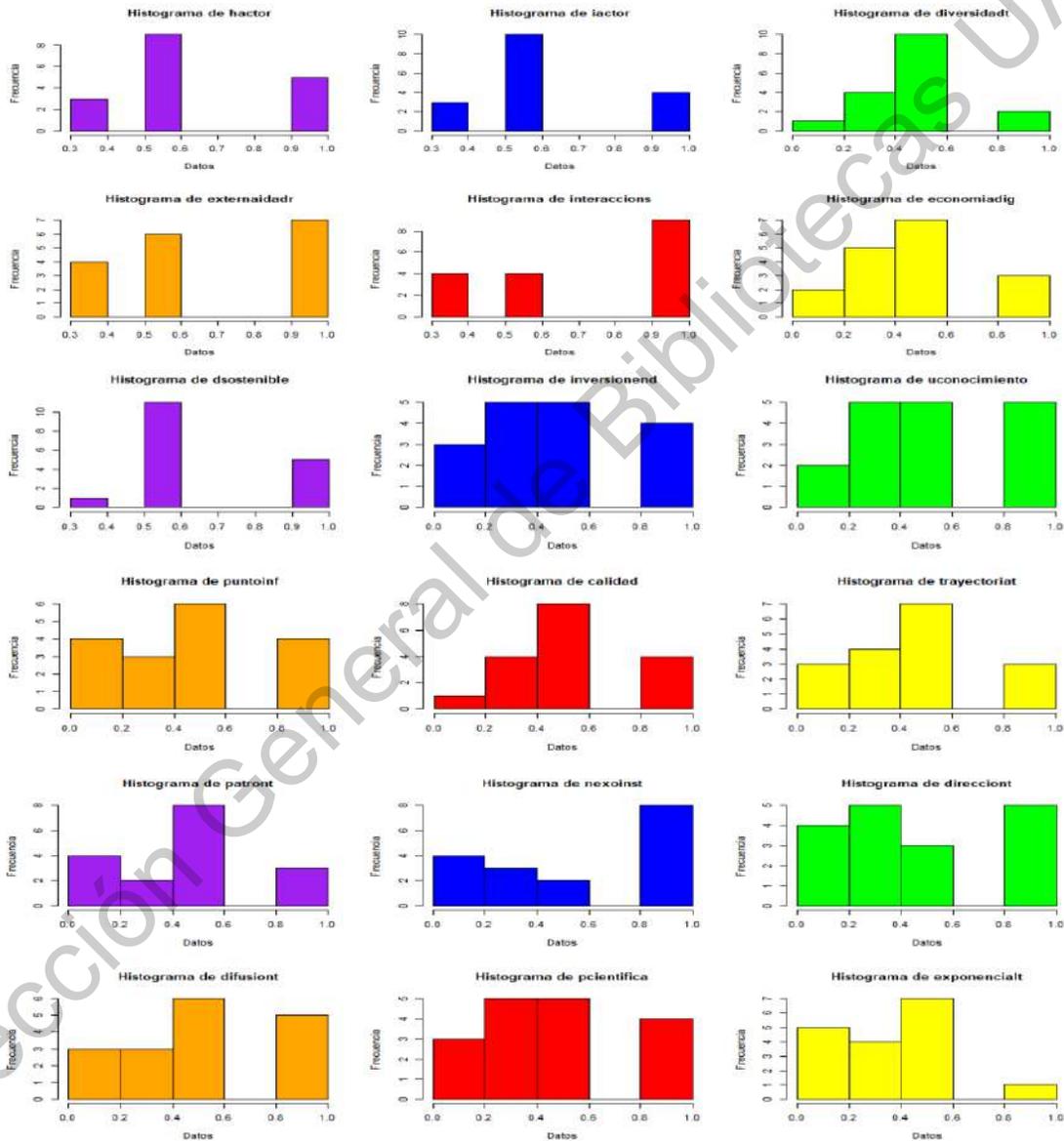
Con base a esta observación se permite inferir que los componentes cuya concentración tienden hacia la no presencia, presentan en el sentido de la estadística descriptiva una “influencia despreciable”, con relación a la presencia de la digitalización como patrón tecnológico dominante. De lo anterior, se desprende el interés de conocer cuáles componentes influyen más en el fenómeno de estudio, la digitalización como expresión del cambio tecnológico.

De estos diagramas se puede inferir que las variables como: hactor, externaidadr, interaccions y dsostenible, concentran el 75% de sus datos en la parte superior de la gráfica (entre .6 y 1), lo que significa que se tratan de variables con un nivel de influencia alto, es decir, estas variables influyen más en la digitalización como expresión del cambio tecnológico. Otras variables como: uconocimiento, direcciont, nexionis y difusiont presentan ese mismo porcentaje de datos entre la escala de .4 a 1, por lo que se considera que también son variables representativas del fenómeno de estudio. En el caso de las variables restantes, se observa que su concentración de los datos está en la parte baja de la escala indicando un nivel bajo de relevancia.

De lo anterior se desprende que los componentes mas influyentes son: hactor, iactor, externaidadr, interaccions, dsostenible, uconocimiento, nexoinst, y difusiont, considerando al resto de las variables poco representativos.

Pasando ahora a los histogramas, estos presentan de manera gráfica la distribución de frecuencias de los datos de cada una de los componentes integrados al cambio tecnológico. Con base a la concentración de los datos se permite inferir el nivel de relevancia del componente. Los histogramas, por lo tanto, permiten identificar el promedio de los datos y la distribución de los datos (ver figura 4.8).

Figura 4.8 Histogramas de los componentes integrados del cambio tecnológico relevante asociadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México



Fuente Elaboración propia a partir de paquete R.

Con apoyo de los histogramas, se puede observar la concentración de los datos de cada variable, para así determinar la relevancia de cada una de ellas. Las variables que presentan una distribución de sus datos con mayor presencia hacia la parte derecha de la gráfica (de .5 a 1), indican una mayor relevancia en la digitalización como expresión del cambio tecnológico. Dentro de estas variables se encuentran: iactor, hactor, externaidadr, interaccions, dsostenible, inversionend, uconocimiento, nexoins, difusioent.

Para el caso de la variables (componentes integrados) como: diversidaddt, economiadig, inversioend, puntoinf, calidad, trayectoriat, patront y pcientifica, se observa que tanto en los diagramas de caja como en los histogramas, estos presentan un comportamiento casi equilibrado en lo que respecta a su nivel de influencia en la digitalización como expresión del cambio tecnológico. Sin embargo las variables presentan una ligera tendencia hacia la parte no influyente de la escala, es por ello que se consideran como variables no influyentes, es decir, su nivel de influencia en la digitalización es bajo.

A través del fsQCA, histogramas y diagramas de caja se identifican los ocho – 8 – componentes integrados del cambio tecnológico más influyentes que se relacionan con la dinámica de la digitalización como expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante. La tabla 4.13 muestra estos componentes.

Tabla 4.13

Componentes integrados del cambio tecnológico más relevantes

Componentes Integrado del cambio tecnológico	Clave	Las Universidades Públicas de México han logrado conducirse a la digitalización como patrón tecnológico dominante a través de:
<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollar redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.

Componentes Integrado del cambio tecnológico	Clave	Las Universidades Públicas de México han logrado conducirse a la digitalización como patrón tecnológico dominante a través de:
<ul style="list-style-type: none"> • Interacción de los actores – competencia y cooperación. • Competencia tecnológica 	iactor	Definir la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
<ul style="list-style-type: none"> • Externalidades de la red 	externaidadr	Elegir e implementar la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
<ul style="list-style-type: none"> • Interacciones sociales • Asimilación tecnológica • Acción del gobierno 	interaccions	Promover mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
<ul style="list-style-type: none"> • Política ambiental • Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicar la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
<ul style="list-style-type: none"> • Umbral de conocimiento 	uconocimiento	Orientar la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
<ul style="list-style-type: none"> • Nexos entre instituciones 	nexoinst	Diferenciar la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
<ul style="list-style-type: none"> • Difusión tecnológica 	difusioant	Conformar la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los componentes del cambio tecnológico individuales que se observan en la tabla 4.13, se presentan algunos directamente relacionados con el Sistema Nacional de Innovación: hactor, iactor, interaccions, nexoinst. Estos posicionan al SNI como una unidad relevante y estratégica de la gestión de innovación asociado a la digitalización como expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México. Además, de los componentes anteriores se presenta otro, el de desarrollo sostenible – dsostenible – concepto éste relevante en la economía inteligente, incluyente y sostenible fundamentada en la innovación que habla también del nuevo rol del gobierno como actor del SNI y de las políticas públicas y económica que emanan de él (Mazzucato, 2013 a, 2012b, 2015, 2016). También aquí se consideran como relevantes las capacidades acumulativas de conocimiento, las estrategias de innovación y la difusión de las capacidades de innovación (ver tabla 4.13).

Partiendo de Mazzucato (2013b), Estrada, Álvarez y Palacios (2016), Valenduc (2018), Pérez (2010, 2013) y EFI-Report (2019) esta investigación considera a la universidad como actor fundamental en el funcionamiento del sistema de innovación. También, valora el rol de la universidad como actor de innovación capaz de dinamizar el proceso de interacción del SNI en el contexto de los cambios tecnológicos impulsados por la digitalización.

Sin embargo, estos ocho componentes individuales por si solos no son suficientes para mostrar a la digitalización una expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante en el contexto las universidades públicas de México, estos deben acompañar al resto de los componentes integrados presentes (diversidadt, economiadig, inversionend, puntoinf, calidad, trayectoriat, patronm, direcciont, pcientifica y exponencialt).

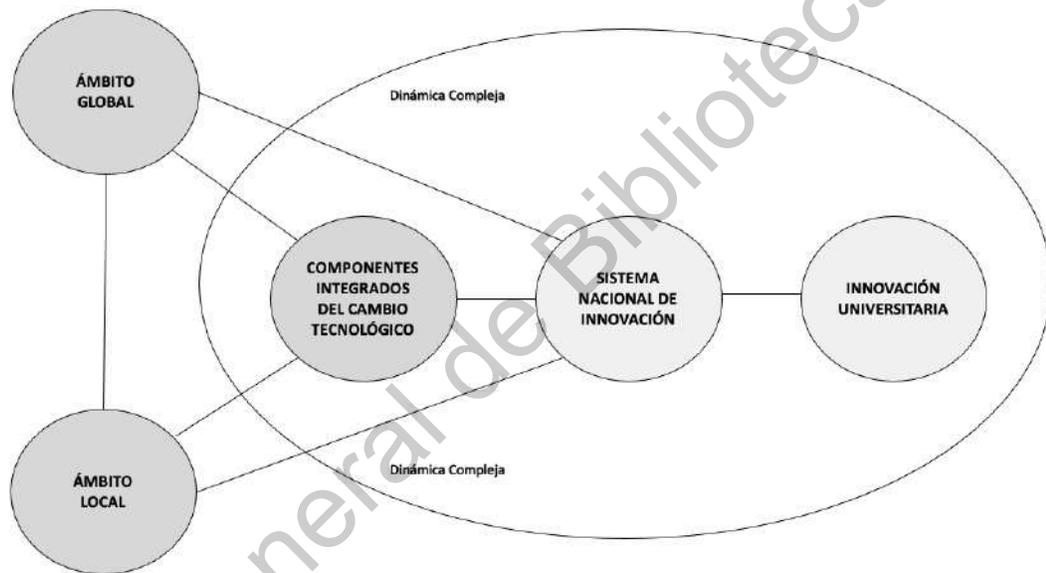
Para el análisis y aplicación del fsQCA ningún componente integrado del cambio tecnológico representa una condición suficiente, se requiere que los dieciocho – 18 – componentes integrados validados del cambio tecnológico que integran la configuración individual estén presentes para conformar la suficiencia y así poder asociarle a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por lo tanto, la relevancia presente del SNI como componente individual debe ser considerado desde la complejidad y no desde la selectividad y la particularidad.

CONCLUSIONES

El proceso de investigación y el conjunto de resultados alcanzados se presentan aquí en dos ámbitos de análisis (ver figura 5.1): 1) ámbito global que muestra la composición compleja del cambio tecnológico a través de los “componentes integrados”. Estas son un conjunto de variables identificadas que le otorgan a la digitalización la característica de

patrón tecnológico dominante y también tienen la capacidad de generar inputs en la dinámica y rendimiento del SNI y 2) ámbito local, que muestra la complejidad con la que se presenta la digitalización como patrón tecnológico dominante en el contexto de la gestión de innovación universitaria en México.

Figura 5.1 Ámbito Global y ámbito local de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

Tanto la dimensión global como la local fueron desarrolladas con base a los enfoques de investigación seleccionados: cualitativo y cuantitativo. Para el primer caso, toda la literatura y el conjunto de reportes, información y datos vinculados con la digitalización y el cambio tecnológico fueron analizados de forma integral y no de forma separada, dando como resultado un análisis integrado y gradual sobre los fenómenos en correspondencia con los objetivos de investigación. En esta fase, se presentaron adicionalmente dos modelos de

sistemas de innovación, tanto para el caso de los países en vías de desarrollo como para los países industrializados, sin embargo, no se había estimado en la fase de elaboración de la propuesta de investigación que la caracterización de ambos modelos de sistemas de innovación traería consigo la posibilidad de elaborar adicionalmente una ecuación matemática que describe el funcionamiento de estos modelos. Para el segundo caso, la selección de procedimientos metodológicos inicialmente fue orientada de forma cualitativa-cuantitativa-interpretativa a través del uso del QCA (Qualitative Comparative Analysis); que permitió fundamentalmente corroborar el grado de complejidad de la digitalización como patrón tecnológico dominante en el contexto de las universidades mexicanas, utilizando los componentes integrados del cambio tecnológico identificados en el capítulo 3.

La dimensión global, fue analizada en los capítulos 2 y 3. Allí se destacan los siguientes hallazgos y alcances:

a) *Aproximación conceptual de la digitalización como patrón tecnológico dominante:*

Antes de haber procedido a la caracterización de la digitalización como expresión del cambio tecnológico, se realizó una revisión detallada de la literatura que contempla diferentes enfoques y perspectivas de la digitalización a escala global y lógicamente en América Latina. De esta forma, fue posible enfrentar las restricciones actuales que existen respecto a la conceptualización de la digitalización como patrón tecnológico. Es decir, no sólo considerarla como un instrumento capaz de transformar los aspectos operativos y prácticos de la tecnología, mediante el uso de datos e información, sino que, además, la digitalización como expresión del cambio tecnológico reorganiza estrategias y crea valor económico mediante la actuación y dinámica de los actores de innovación. Tal y como lo señalaron

Galindo-Martín, Castaño-Martínez y Méndez-Picazo (2019) concebir a la digitalización en una escala más amplia de la que ha tenido, le otorga a la gestión de innovación un mayor valor en el contexto de la dinámica del cambio tecnológico. La valoración económica de la digitalización asume características más complejas que involucra al mismo tiempo nuevos modos de acción e interacción de los actores de innovación.

El haber establecido en un primer momento esta limitación conceptual permitió incorporar otros enfoques y perspectivas sobre la digitalización como, por ejemplo: la economía digital y la transformación digital. Ambas perspectivas fueron descritas y desarrolladas en sus contextos globales, regionales y locales. Aquí es importante señalar que el análisis cualitativo basado en la literatura especializada sobre el tema infiere que, para el caso de los países de América Latina, la digitalización como patrón tecnológico es más restrictiva que para el caso de los países industrializados. Tal restricción, se reflejó adicionalmente cuando se analiza la actuación de las universidades latinoamericanas incluyendo las universidades mexicanas, en donde los esfuerzos a nivel de política y estrategia de gestión de innovación respecto a la digitalización se basan fundamentalmente en el enfoque clásico de la digitalización como proceso de digitalizar que, como un componente complejo, estratégico y de valor económico en el contexto de la innovación. Justamente, el análisis que adicionalmente se hiciera en este trabajo sobre la aceleración de la digitalización en el contexto de la pandemia COVID-19, sirvió para reafirmar lo anteriormente mencionado, acerca de la interpretación y también de la actuación de los actores de innovación respecto a la digitalización.

b) *Componentes integrados del cambio tecnológico y la digitalización*: fue posible detectar un conjunto de variables que permiten caracterizar la dinámica actual compleja del

cambio tecnológico y también la dinámica compleja de la digitalización en el contexto de la innovación. Esto se logró en una primera instancia mediante la selección de un conjunto de perspectivas teóricas vinculadas al análisis de la innovación y el cambio tecnológico, las cuales tenían la facultad de haber incorporado perspectivas teóricas anteriores y asimismo cruzar enfoques actuales con otros autores. En una segunda instancia la identificación y utilización del método cualitativo de contrastación teórica MAGG, permitió con base a la integración de diferentes perspectivas, enfoques, nociones y conceptos, identificar variables que permiten caracterizar la dinámica actual del cambio tecnológico y complejidad. Dichas variables fueron denominadas “componentes integrados del cambio tecnológico”.

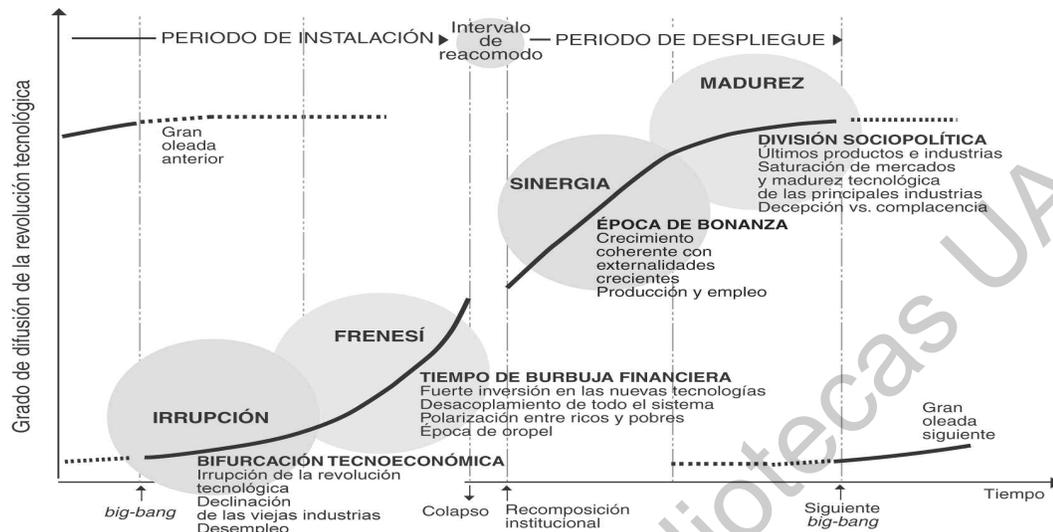
La primera aproximación conceptual realizada sobre los componentes integrados los definía como un conjunto de abstracciones y análisis prácticos provenientes de los aportes de teóricos en el campo de los estudios de la innovación y el cambio tecnológico, en los que destacan: Zeppini (2011), Pérez (2001, 2010, 2018^a, 2018b, 2018c), Schot y Steinmueller (2016), Fatás-Villafranca, Jarne y Sánchez-Chóliz (2012), Choi, Jeong y Jung (2018), Valenduc (2018), Cantner (2018), Mazzucatto (2015; 2018), entre muchos otros. Una segunda aproximación se lleva cuando se analiza las implicaciones de la digitalización como expresión del cambio tecnológico y como patrón tecnológico dominante dentro del SNI. De aquí se puede inferir que los componentes integrados son un conjunto de Inputs generados por las ondas innovativas transmitidas por la forma y fuerza en que se manifiesta la digitalización como expresión del cambio tecnológico; y en consecuencia estructuran nuevas formas de comportamiento de los actores del sistema nacional de innovación.

Estas aproximaciones conceptuales permiten afirmar que la digitalización como expresión del cambio tecnológico desarrolla un proceso de acumulación periódica de variables de

innovación que cuando se presentan vienen con una mayor fuerza innovadora, lo cual valida la pertinencia actual del enfoque de destrucción creativa de Schumpeter (1961) en cuanto a la difusión de las innovaciones. La digitalización como patrón tecnológico dominante plantea, por lo tanto, nuevas implicaciones en la actuación y fines de los actores de innovación. También, estos permiten lograr una caracterización estructurada sobre la teoría del cambio tecnológico, y que a diferencia de otros tipos de dimensiones de análisis donde se enfatiza que las teorías que han existido a lo largo del tiempo, por períodos, revoluciones o paradigmas tecnológicos alcanzan su obsolescencia, esta dimensión de análisis permite mostrar que no existe agotamiento teórico de la innovación cuando en ella se vincula la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Tomando como referencia estas apreciaciones es posible mostrar que la digitalización considerada o bien como paradigma o bien como patrón tecnológico, presenta una dinámica que muestra algunas diferencias respecto a los modelos y aportes anteriormente desarrollados por economistas de la escuela evolucionista y neoschumpetereana sobre el cambio tecnológico (Ver figura 5.2).

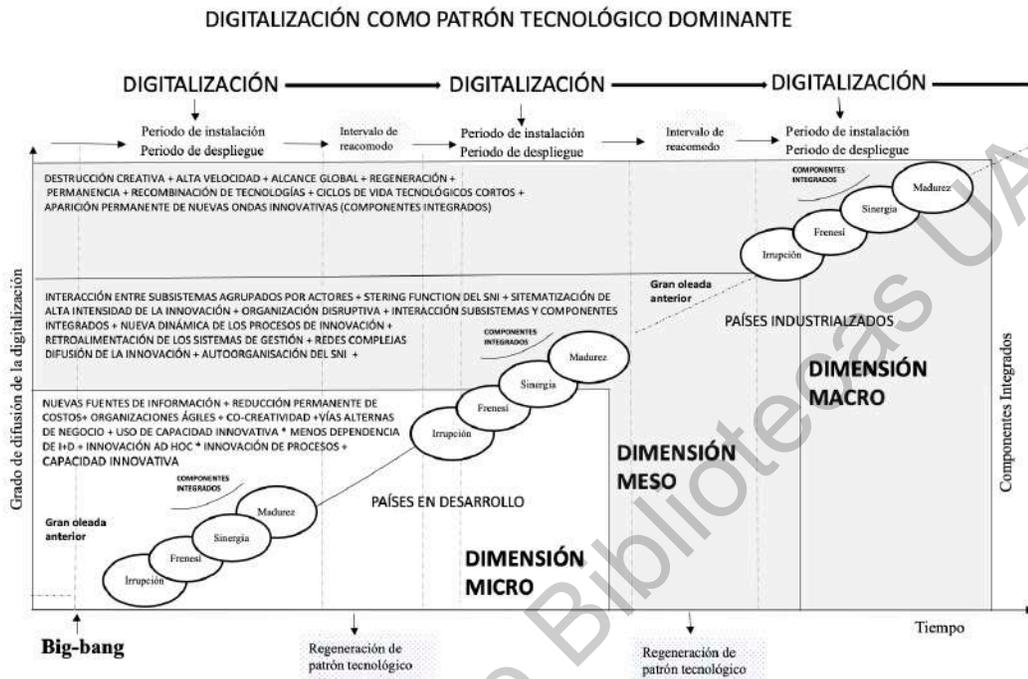
Figura 5.2 Fases de comportamiento de las revoluciones tecnológicas



Fuente: Tomado de: Pérez, C. (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. Siglo XXI, p. 79.

Partiendo de los aportes de Pérez (2004, 2010) se destacan cuatro fases en las que se desarrolla la revolución tecnológica: irrupción, frenesí, sinergia y madurez, y es a partir de la última fase que tiene lugar el nacimiento de un nuevo paradigma tecnológico. Es así como se ha venido comprendiendo el proceso del desarrollo de las diferentes revoluciones industriales desde su nacimiento hasta su agotamiento. El haber concebido a la digitalización como patrón tecnológico dominante (Ver figura 5.3), ha permitido reafirmar que el grado de difusión de la revolución tecnológica tal y como ha sido concebida hasta principios de la segunda década de este siglo influye de forma permanente en toda la estructura económica, social y cultural de un país, pero adicionalmente las tecnologías de información generan componentes distintivos respecto al enfoque clásico de las ondas largas (Schumpeter, 1939, 1967), dado que estas tecnologías por su naturaleza ejerce una fuerza de transformación mucha más compleja pero también altamente acumulativa.

Figura 5.3 Digitalización como patrón tecnológico dominante



Fuente: Elaboración propia a partir de la referencia de Pérez, C. (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. Siglo XXI, p. 79.

La figura que representa el comportamiento de la digitalización como expresión del cambio tecnológico y patrón tecnológico dominante vincula lógicamente elementos que muestran el grado de difusión de la innovación de acuerdo a algunos autores de la escuela evolucionista y neo-schumpeteriana (nacimiento, despliegue y instalación y agotamiento del paradigma tecnológico), pero a diferencia del enfoque clásico del paradigma tecnológico y las ondas largas, la digitalización una vez llegada a la fase de madurez, en lugar de agotarse, se regenera y esto ocurre también por la recombinación y nacimiento de nuevas tecnologías de información que permiten reiniciar el proceso de irrupción de la digitalización. Las ondas son percibidas aquí como formas de expresión del patrón tecnológico en la estructura económica de un país y pueden descifrar las diferentes trayectorias (componentes integrados)

en las que se expresa y despliega la digitalización como expresión del cambio tecnológico. Los diferentes niveles en que se expresan estos componentes integrados se expresan en la figura 5.3 en tres dimensiones: a) dimensión macro, dimensión meso y dimensión micro. También los componentes integrados expresan y se posicionan en diferentes contextos geográficos (países en desarrollo y países industrializados). Las tres dimensiones clasificadas representan aquí la sumatoria del conjunto de componentes integrados identificados, pero además son el resultado de la integración del conjunto de elementos analizados sobre la teoría del cambio tecnológico, la digitalización y la innovación.

La figura 5.3 resalta – tal y como se ha mencionado antes – que la digitalización como expresión del cambio tecnológico adquiere su carácter dominante por la recurrente recombinación de tecnologías. Los componentes integrados se despliegan en toda la estructura económica y su dinámica se desarrolla de forma más eficiente dependiendo del potencial o capacidad innovativa de cada país. Quiere decir esto, que para el caso de los países industrializados cada fase de regeneración del patrón tecnológico produce nuevos componentes en las dimensiones macro y meso, las cuales, por lo general, son más fáciles de ser sistematizadas y controladas, dado que existe una alta capacidad innovativa en los actores de innovación (dimensión micro). A diferencia de los países industrializados, los países en vías de desarrollo presentan problemas estructurales para crear capacidad innovativa en y desde la dimensión micro, pero también en el momento en que el patrón tecnológico inicia y desarrolla la fase de regeneración. Estos países presentan mayores dificultades para actuar con base a los nuevos componentes integrados establecidos¹⁰³.

¹⁰³ Ver más adelante en las conclusiones sobre esta diferenciación entre países en desarrollo y países industrializados.

De la identificación de las dimensiones macro, meso y micro se deduce además que las estrategias de innovación y las políticas de digitalización en América Latina están más enfocadas en las dimensiones micro y en algunos casos en la dimensión macro. Tal y como se analizó en el capítulo 2 y el capítulo 4, existe en los países de América Latina o una orientación conceptual desviada de la digitalización como concepto o existe un valor de la digitalización desviado y poco coherente con las posibilidades reales de adaptación de estos países.

Esta diferenciación en la concepción estratégica de la innovación respecto a la digitalización como expresión del cambio tecnológico entre países industrializados y países en vías de desarrollo podría significar una aproximación para explicar en esta fase del capitalismo, tanto la brecha tecnológica como la brecha digital entre países.

El aspecto de mayor relevancia encontrado en el conjunto de componentes integrados en esta investigación es el contexto de complejidad en el que ellos se genera y se reproducen. La figura 5.3 representa a la digitalización como patrón tecnológico dominante así lo muestra, el cambio tecnológico, por lo tanto, no es sólo progresivo, sino que, también, es altamente complejo. Los aportes de Kurzweil (2012) tienen una fuerza relevante en este señalamiento.

Tal complejidad es mayor cuando se analizan algunos efectos ocasionados por la pandemia COVID-19. En el capítulo 2 se describen algunos elementos que muestran como la digitalización ha aumentado su velocidad y alcance global y ha producido ciclos tecnológicos más cortos, ha acelerado el proceso de recombinación de tecnologías y es posible que haya generado nuevas trayectorias tecnológicas (componentes integrados). Esto quiere decir, que la digitalización es en primera instancia compleja, progresiva y singular, pero también ejerce un carácter “doble dominante”.

Aun cuando la pandemia COVID-19 se presenta aquí como un fenómeno inesperado en el proceso de investigación, dado que ella no existió en el momento en el que se formularon los objetivos, el carácter “doble dominante” de la digitalización se incluye aquí, con el propósito de que sea una evidencia adicional a la pretensión de la investigación de darle la característica de complejidad y dominación al patrón tecnológico de la digitalización. Para ello se desarrolló dentro del capítulo 2 de la investigación un análisis descriptivo-cualitativo utilizando fuentes de información de carácter secundario, las cuales mostraron una aproximación sobre esta perspectiva.

La noción de “doble dominante” es tomada de la biología, la cual de acuerdo a Nelson y Winter (1982) es compatible para comprender el proceso de innovación. La innovación, por lo tanto, también se basa en la evolución de los sistemas y en la teoría de la biología. De acuerdo a la teoría biológica el carácter “doble dominante ocurre cuando la expresión de uno o más genes dependen de la expresión de otro gen (epistasia)¹⁰⁴.

Lo que se quiere intentar demostrar aquí con la expresión “doble dominante” es que la digitalización posee la fuerza de neutralizar la aparición de otro patrón tecnológico que sea capaz de transformar la estructura económica de la forma como la digitalización lo está haciendo (comportamiento de gen epistático), pero además ella se manifiesta a través de nuevos componentes integrados capaces de inhibir los anteriormente generados (comportamiento gen hipostático). En la práctica, tal y como se mencionó en algunos

¹⁰⁴ Se define la epistasia como la interacción entre diferentes genes situados en un mismo loci y en un mismo cromosoma en donde un gen es capaz de enmascarar o suprimir la expresión de otro. Para profundizar sobre el tema consultar a Elrod y Stansfield (2002).

ejemplos en el capítulo 2, la digitalización ha acelerado la dinámica de innovación de las empresas, universidades y gobiernos, aquí se destaca el desarrollo de nuevos modelos de negocio, intensificación de la innovación de procesos, la innovación ad hoc, diálogo interactivo del estado con los otros actores de innovación y el aumento de emprendimientos universitarios basados en métodos co-creación entre otros (Zimmermann, 2020).

Aún cuando la noción “doble dominante” de la digitalización no fue abordada en esta investigación con la amplitud del análisis que se requiere, la misma nace a partir de la característica que se le ha otorgado a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Esto abre un camino para el desarrollo de nuevos estudios cualitativos y cuantitativos sobre este tema referido a la complejidad y dinámica del cambio tecnológico y su impacto en la gestión de innovación.

c) *Dinámica y rendimiento del sistema nacional de innovación en el contexto de la digitalización como patrón tecnológico dominante*: La profundización de la brecha tecnológica que se genera entre países industrializados y países en vías de desarrollo a partir de la dinámica compleja que desarrolla la digitalización como patrón tecnológico dominante se analiza en el capítulo 3. La configuración conceptual de la digitalización y la identificación de los componentes integrados se consideran en este capítulo como trayectorias innovativas que influyen en la transformación de la estructura económica de los países. Eso se puede simplificar con el análisis del comportamiento de los actores dentro del sistema nacional de innovación. Para ello, la base teórica utilizada ha sido la teoría de sistemas (Phillips y Habor, 1995 y Franklyn, Emami-Naeini, Powel, 2002).

A través de los sistemas funcionales fue posible interpretar la dinámica compleja que desarrolla la digitalización como patrón tecnológico dentro del SNI. Si uno observa la dinámica de sistema, la funcionalidad de la misma ocurre por la entrada y salida de la información y la eficiencia en que este proceso ocurre está determinado por fluidez de la información. Esta analogía permite comprender porque aquí se toma la noción de rendimiento del SNI para observar el comportamiento de la dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en los países industrializados y en los países vías de desarrollo. Esto ha podido ser observable a través de la elaboración de dos modelos de rendimiento de sistema (ver figuras 5.4 y 5.5).

Figura 5.4 Rendimiento del SNI en

Países Industrializados

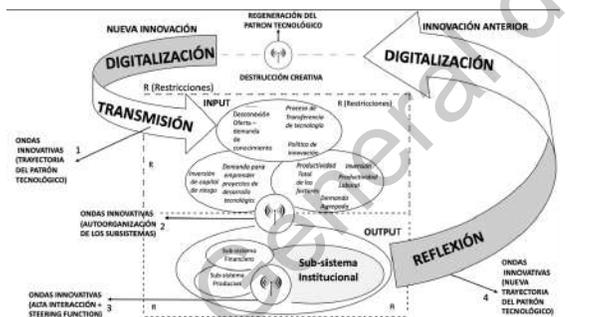
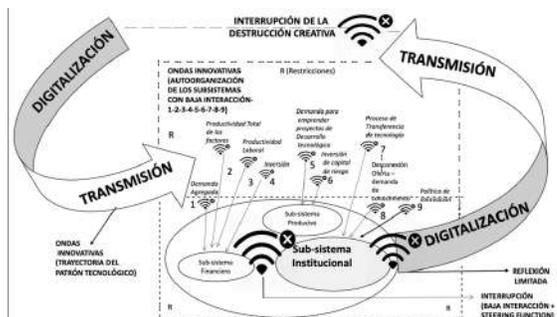


Figura 5.5 Rendimiento del SNI en

Países en Vías de desarrollo



Fuente: Elaboración propia

Resumiendo, los aspectos relevantes identificados en ambos modelos. Se tiene que, la entrada de información (input) se desarrolla a través de lo que aquí se denominan ondas innovativas que luego definen trayectorias de innovación y que se expresan como componentes integrados del cambio tecnológico. La salida de la información (output) se produce en la instancia en donde se desarrolla la interacción de los actores de innovación.

Dicha interacción no es unidireccional actor-actor, sino, más bien, entre subsistemas: subsistema financiero, subsistema productivo y subsistema institucional (Estrada et al., 2016).

Esta manera de concebir la dinámica de la innovación cuando se relaciona con la característica dominante y compleja en que se presenta la digitalización como expresión del cambio tecnológico, llevó a identificar que tanto los inputs como los outputs se pueden representar para caracterizar el rendimiento del SNI a través de dos procesos: transmisión y reflexión. Ambos procesos se utilizan aquí con la intención de reducir el grado de complejidad en el que se desarrolla la digitalización y en el que actúan los actores de innovación. Pero, además, también ambos procesos sirvieron para analizar y describir de forma más detallada la brecha de innovación y digitalización entre países industrializados y países en vías de desarrollo.

Más allá de haber logrado una representación de los componentes del SNI en el contexto de la digitalización como expresión del cambio tecnológico para cada caso, fue posible avanzar un poco más allá en una aproximación simple matemática basada en los aportes de la teoría de sistemas de control (Ogata, 2010), que define las variables cualitativas sobre cómo funciona los procesos de transmisión y reflexión en los países industrializados y como ellas definen el rendimiento del SNI. La ecuación elaborada se presenta a continuación:

$$RS = \beta_1 O_{IT} I_{CI} + \beta_2 O_{IR} I_{SNI}$$

La ecuación considera los elementos restrictivos del funcionamiento del SNI abordados en el capítulo 3 (Estrada et al., 2016), siendo el más relevante el grado de complejidad en el

que se presenta el SNI en el contexto de la digitalización como expresión del cambio tecnológico. Lo segundo, es que la ecuación otorga un papel determinante a las ondas innovativas, como inputs para la estructuración de los componentes integrados de la digitalización. Aquí se resalta que la forma como se establecen las prioridades por parte de los actores de innovación para actuar frente a estas ondas innovativas ocurre con la forma natural en que se desarrolla la interacción de los actores de innovación agrupados en subsistemas, esto significa que la forma de reacción de estos actores frente a las ondas innovativas tienen como base la capacidad innovativa que poseen cada uno de ellos y que sólo pueden utilizarse de forma efectiva si interactúan agrupados en subsistemas. Esta fase en la que actúan los actores de innovación se corresponde con el proceso de “reflexión”.

En esta fase se incluye la “Steering Function” como resultado de la investigación cualitativa, que para efectos del modelo de Rendimiento de Sistema es de un alto valor (Mazzucato, 2015, 2015, 2018 y de Estrada, Álvarez-Castañón y Palacios, 2016). La “Steering Function” es uno de los componentes distintivos del SNI en el contexto de la digitalización como patrón tecnológico dominante. Aquí, o bien uno de los actores de innovación o bien uno de los subsistemas predomina frente a los otros, entendiendo que tal predominación se refiere a la acción de coordinación de los esfuerzos para generar capacidad innovativa dentro del sistema.

Continuando con el análisis de proceso de reflexión, se pudo observar que en esta fase la capacidad innovativa de los actores es la condición para lograr la recombinación de tecnologías de información y en consecuencia es la vía para la transformación y regeneración de la digitalización como expresión del cambio tecnológica. Este proceso que puede

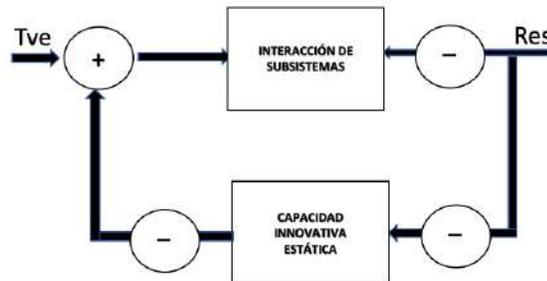
simplificarse en la generación de mayor capacidad innovativa de la digitalización es vinculante con el proceso de destrucción creativa novedoso (Schumpeter, 1939, 1967).

En resumen, lo que aporta esta primera ecuación es que el mayor dominio posible de la digitalización o la capacidad de adaptación de ella por parte de los países, está condicionado al nivel de capacidad innovativa que se produce por la interacción de los subsistemas y que pasa por la identificación, valoración y sistematización de las ondas innovativas a través de los componentes integrados del cambio tecnológico.

De acuerdo a la caracterización elaborada sobre de las limitaciones del funcionamiento del SNI en los países de América Latina, y si además se considera aquí el modelo y la ecuación que representan el rendimiento del SNI en países industrializados, el punto crítico del rendimiento del sistema para la región latinoamericana podría identificarse en el grado de interacción que desarrollan los actores de innovación.

Para analizar esto se profundizó en la teoría de sistemas (Phillips y Habor, 1995 y Franklyn, Emami-Naeini, Powel, 2002). Se mostró en la investigación que los problemas de interacción de los subsistemas en el contexto de la digitalización como patrón tecnológico dominante en los países de América Latina, podrían ser interpretados desde la perspectiva de la teoría de sistemas como una retroalimentación negativa “Negative Feedbac” (ver figura 5.6) (Powel, Franklin, Emani-Naeini, 2019 y Simancas-García, 2013). Dichas restricciones se traducen en la baja intensidad de la producción de conocimiento.

Figura 5.6 Retroalimentación Negativa con SNI de Muchas Restricciones

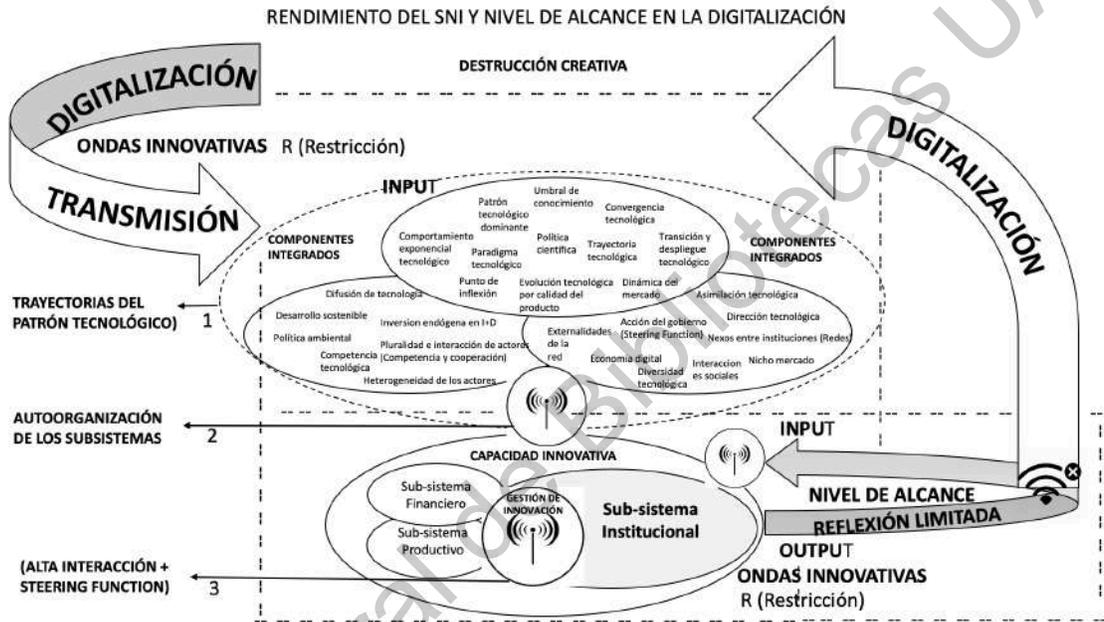


Elaboración propia, tomando como referencia los trabajos de Charles y Royce (1995) y Franklyn, Emami-Naeini, Powel (2002).

Con la figura 5.6 se intenta representar que la retroalimentación negativa entendida primeramente como un proceso de interrupción de fluidez de información y por ende de acumulación de conocimiento, evidencia en términos del rendimiento del sistema que la generación de poca capacidad innovativa. Esto es análogo a la realidad de los países de América Latina y lógicamente no es posible una aproximación de la capacidad de estos países en la transformación de la estructura económica dominada por la digitalización como expresión del cambio tecnológico, lo cual, si es posible para el caso de los países industrializados. Esta limitación identificada, generó una interrogante en la orientación de la presente investigación, en cuanto a la posibilidad de proponer adicionalmente algunas soluciones a este problema, y sobre cuál sería el nivel de alcance y utilidad que se le puede dar del conjunto de conocimientos acumulados que se genera en el proceso de interacción de los actores del SNI, aún cuando éste sea limitado. En otras palabras, surge la interrogante sobre cómo se podría representar en el contexto de la dinámica compleja de la digitalización el rendimiento del sistema en los países de América Latina. Con base a esta interrogante y tomando como referencia la elaboración del modelo sobre rendimiento del SNI en los países

en vías de desarrollo, se logró representar el nivel de alcance del proceso de reflexión (output) para el caso de los países de la región latinoamericana (ver figura 5.7).

Figura 5.7 Rendimiento del SIN y Nivel de alcance de la digitalización



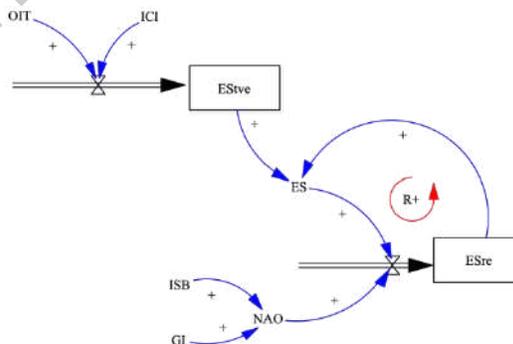
Fuente: Elaboración propia

Aquí se resalta que el nivel de alcance de la “reflexión” está relacionado y condicionado con el nivel de capacidad innovativa de los actores de innovación. Es de resaltar que el imperativo, tanto para hacer eficiente la interacción como la acumulación de capacidad innovativa es la gestión de innovación entendida en los términos conceptuales de esta investigación en el capítulo II. La gestión de innovación permite una adaptación eficiente y rápida del patrón tecnológico dominante y ella se expresa a través de habilidades y capacidades organizativas de los actores de innovación (Khohlahn y Ardabili, 2016; Cantner, 2018; Guertler y Sick, 2020 y Alofan, Chen, Tan, 2020). Por lo tanto, la gestión de

innovación se conforma aquí en el instrumento de direccionamiento estratégico frente a la complejidad en la que aparecen y se desarrollan los componentes integrados.

Partiendo de la figura 5.7 y utilizando un enfoque de investigación multidisciplinaria se elaboró un diagrama de flujo que busca representar la modelación del proceso de generación de conocimiento de acuerdo a los principios de la teoría de sistemas dinámicos (Sterman, 2000) y teoría de control (Ogata, 2010). A través de la identificación de determinadas variables, se intenta representar la forma operativa en que se desarrollarían los procesos de transmisión y reflexión y por consiguiente se intenta demostrar la forma cómo se enfocaría el rendimiento del SIN para los países latinoamericanos. Más relevante aun es que este diagrama y la identificación de las variables que lo conforman permiten minimizar el grado de complejidad en la observación de las variables vinculadas a la digitalización como patrón tecnológico dominante (ver figura 5.8).

Figura 5.8 Diagrama de rendimiento del SIN y nivel de alcance en la digitalización



Fuente: Elaboración propia a través del programa de computo Vensim.

En el diagrama de la figura 5.8 se identifican las siguientes variables:

viii. OIT: Ondas Innovativas de Transmisión

- ix. ICT: Interacción entre los Componentes Integrados
- x. Estve: Energía del Sistema en la Transmisión
- xi. ES: Energía del Sistema = Conocimiento
- xii. Esre: Energía del Sistema en la Reflexión
- xiii. NAO: Nivel de Autoorganización de los Subsistemas
- xiv. ISB: Interacción de los Subsistemas
- xv. GI: Gestión de Innovación

El proceso inicia con la transmisión a través de *Estve (Energía del Sistema en la Transmisión)* concebida como variable de “estado”¹⁰⁵ y que expresa la acumulación de conocimiento. Las dos variables que influyen en *Estve* son *OIT* y *ICI (Ondas Innovativas de Transmisión e Interacción entre los Componentes Integrados)*. La dinámica de estas dos variables es lo que determina el comportamiento de *Estve*. El segundo proceso del sistema, la reflexión, inicia con la identificación de la variable auxiliar¹⁰⁶ *ES (Energía del Sistema = Conocimiento)* que permite que el conocimiento anteriormente generado en el proceso de transmisión permee hacia los subsistemas del SNI (subsistema financiero, subsistema institucional y subsistema productivo). A partir de aquí es cuando se desarrolla el proceso de generación de conocimiento por parte de los actores de innovación. En este proceso aparece otra variable de estado: *Esre (Energía del Sistema en la Reflexión)* que expresa la

¹⁰⁵ En dinámica de sistemas las variables de estado indica el estado actual del sistema en su totalidad y no puede ser determinado ni descrito por ningún otro elemento del sistema. Su desarrollo está determinado por la suma de las tasas (entradas y salidas) (Sterman, 2000).

¹⁰⁶ Variables auxiliares son calculables mediante valores de entrada predeterminados o valores de stock sobre la base de funciones algebraicas, lógicas o de hoja de cálculo. Tienen al menos una entrada e incluyen tarifas y valores de entrada predeterminados (Sterman, 2000).

acumulación de conocimiento anterior (proceso de transmisión). Sin embargo, dado que la generación de conocimiento en la etapa de reflexión es directamente proporcional a la energía que se produce en el sistema (conocimiento acumulado) y a la capacidad de autoorganización de los actores de los subsistemas respecto a ese conocimiento acumulado, es lo que genera la variable *NAO* (*Nivel de Autoorganización*). A su vez, la variable *NAO* es influida por las variables: *ISB* (*Interacción de los Subsistemas*) y *GI* (*Gestión de Innovación*). Estas dos últimas variables son las que determinarán el nivel de auto organización de los subsistemas. Considerando que las variables *NAO* y *ES* son componentes determinantes de la acumulación de conocimiento en el proceso de reflexión es posible determinar su influencia en la dinámica de la variable *ESre*. Esto quiere decir, que aquí se genera un proceso de realimentación positiva ($R+$), donde todo el conocimiento que se genere y se vaya acumulando en *ESre*, significa un impacto en *ES*. Lo que se logra identificar aquí es que ocurre un proceso de reforzamiento del sistema (proceso cíclico), el cual se traduce en la acumulación y uso del conocimiento generado por los actores de innovación.

Regresando a la figura 5.7 creada sobre Rendimiento del Sistema y Nivel de Alcance en la Digitalización, se tiene que la dinámica en que se desarrollan las variables determinan, que si bien los países de América Latina no posee las capacidades de innovación para influir directamente en la regeneración del patrón tecnológico dominante (digitalización), cuentan con un proceso intensivo de reforzamiento del sistema en el nivel en el que se desarrolla el proceso de reflexión que generaría un potencial de capacidad innovativa en el transcurso de tiempo, capaz en términos prácticos de impactar en la estructura económica local, regional y global.

El diagrama 5.8 podría representar una aproximación de la orientación de las políticas públicas que en el campo de la innovación debieran desarrollar los actores de innovación en América Latina, teniendo como punto de partida el carácter de complejidad y de dominación de la digitalización como expresión del cambio tecnológico. Más concretamente, este diagrama permite centrar las políticas de innovación en el desarrollo de la capacidad innovativa por parte de los actores de innovación integrados en subsistemas. Por lo tanto, la figura 5.7 relacionada con el rendimiento del SNI y Nivel de Alcance en la digitalización y el diagrama de la figura 5.8 que muestra la modulación del proceso de acumulación de conocimiento dentro del sistema, permiten afirmar que la debilidad de estos países frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante podría estar en el poco desarrollo de capacidades innovativas dentro de la configuración de integración de subsistemas (incluida la Steering Function)¹⁰⁷ y en los instrumentos de acción que se desprenden de la gestión de innovación en un contexto de alta complejidad tecnológica.

Tal y como ha sido notable hasta aquí la complejidad de la dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante es el elemento característico a lo largo de la dimensión de análisis global. Las evidencias, hallazgos y aproximaciones conceptuales con base a los modelos de sistemas de innovación en el contexto de la dinámica de la digitalización así lo han ratificado. La digitalización como patrón tecnológico dominante aumenta el grado de complejidad de la innovación y en consecuencia aumenta la complejidad para generar mayor capacidad innovativa. Por lo tanto, es posible inferir que a mayor celeridad de la digitalización mayor será la complejidad del sistema en la que ella se desarrolla.

¹⁰⁷ Sobre la Steering Function ver figura 5.4 sobre Rendimiento del Sistema Nacional de Innovación en Países Industrializados.

La segunda dimensión de análisis de la presente investigación se refiere a la dimensión local, que tal como se indicó antes, versa sobre la selección de procedimientos metodológicos cualitativos-interpretativos a través del uso del QCA (Qualitative Comparative Analysis) con el objetivo de corroborar el grado de complejidad en que se presenta la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades mexicanas, entendidas estas como actores relevantes de innovación. Más concretamente, con la operacionalización de las variables (componentes integrados) a través del QCA es posible observar la trayectoria de los componentes integrados en el conjunto de actores entrevistados de las cuatro universidades mexicanas analizadas.

Con la selección y uso del método QCA fue posible analizar el fenómeno de la digitalización tanto en el contexto de complejidad como en el de las restricciones. Ambas son vinculantes en el sentido de que las restricciones son el resultado del nivel de complejidad de la digitalización en el que los actores de innovación desarrollan sus prácticas. Las restricciones para efectos de esta investigación fueron abstraídas en el análisis del SNI en el contexto de la digitalización en el capítulo 3 (Estrada et al, 2016).

Partiendo de los aportes de Wagemann (2012), Cooper y Glaesser (2012), Rihoux y Lobe (2015), Gandini (2012), Aviles (2018), Pennings (2009), Ragin y Rihoux (2004) y Ragin (2006), las principales ventajas que tiene este método y que sirvieron para lograr parte de los objetivos de investigación se pueden resumir en: 1) recoge observaciones de forma consistente en actores sociales o momentos históricos; b) estudia similitudes, divergencias, condiciones de un fenómeno; 3) permite inquirir causas de un fenómeno partiendo de la causalidad compleja; 4) permite el uso de muestras pequeñas y medianas de casos logrando cerrar la brecha cuantitativa-cualitativa; 5) compara sistemáticamente pequeñas muestras de

casos complejos; 6) permite hacer un análisis replicable y transparente; 7) describe estrategias y condiciones bajo las cuales se puede abordar el fenómeno de investigación; y 8) permite cerrar la brecha global-local, por ejemplo, para comprender cómo los procesos globales interactúan con los contextos / condiciones locales para dar forma a los procesos, experiencias y resultados.

Se puede afirmar, por lo tanto, que la principal ventaja que tiene la aplicación de este método es que permite analizar como se presentan los fenómenos complejos a través de la operacionalización de variables en actores del sistema de innovación. En este sentido, se resaltan algunos resultados que caracterizan tal complejidad:

1) El QCA permite la construcción de tipologías empíricas, es decir permite operacionalizar categorizaciones teóricas de un fenómeno determinado (Rosati y Chazarreta, 2017). En este sentido, los componentes integrados del cambio tecnológico validados se podrían considerar como categorías teóricas susceptibles de ser medibles en el contexto de la adaptación de los actores de innovación en la digitalización como expresión del cambio tecnológico.

2) La valoración de la dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante no admite enfoques de selectividad o particularidad (Estrada et al., 2016). Quiere decir esto que, abordar la innovación desde las universidades en contexto de la dinámica de la digitalización requiere desde un primer momento descartar pretensiones lógicas o enfoques deterministas sobre la innovación que no admiten la complejidad en el que se desarrolla la digitalización como expresión del cambio tecnológico. El nivel de complejidad no es sólo el elemento característico del uso del QCA, también lo es la conformación del método para ser usado en la reducción de dicha complejidad. Con el algoritmo de minimización a través del

uso del software se intentó reducir la expresión de los componentes integrados del cambio tecnológico hasta llegar a una “solución parsimoniosa” (Ragin y Sonnet, 2005 y Ragin y Rihoux 2004). Es decir, la expresión de los componentes integrados en el conjunto de actores de las universidades consultados es posible expresarse en doce (12) rutas o configuraciones en las que se presenta la digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México (Ver tabla 5.1).

Tabla 5.1

Configuraciones que conducen a la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades Públicas de México

M1	HACTOR	FACTOR	DIVERSIDAD	EXTERNADADR	INTERACCIONS	ECONOMIADIG	OSOSTENIBLE	INVERSIOMEND	UCONOCIMIENTO	PUNTONI	CIUDAD	TRAYECTORIAT	PATRONI	NEKOINTE	DIRECCIONI	DEFUSIONI	PCIENTIFICA	EXPONENCIALI	INCIS	FRI	COVS	COVU
1 (C1)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	1.000	1.000	0.269	0.210
2 (C2)	--	--	--	SI	--	--	SI	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.000	1.000	0.093	0.040
3 (C3)	--	SI	--	SI	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.000	1.000	0.093	0.044
4 (C4)	SI	--	SI	--	--	--	SI	--	--	--	--	--	--	--	SI	SI	SI	--	1.000	1.000	0.093	0.040
5 (C5)	SI	SI	--	--	SI	--	SI	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1.000	1.000	0.124	0.040
6 (C6)	SI	SI	--	SI	SI	--	SI	SI	SI	--	--	--	SI	--	--	--	--	--	1.000	1.000	0.093	0.040
7 (C7)	SI	SI	SI	--	--	--	SI	--	--	--	SI	--	--	--	--	--	--	--	1.000	1.000	0.102	0.040
8 (C8)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	--	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	--	SI	1.000	1.000	0.099	0.040
9 (C9)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	--	SI	SI	--	SI	--	--	1.000	1.000	0.084	0.044
10 (C10)	SI	SI	--	--	SI	--	SI	SI	--	--	SI	SI	--	--	--	--	--	--	1.000	1.000	0.093	0.025
11 (C11)	SI	--	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	--	1.000	1.000	0.087	0.040
12 (C12)	--	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	--	SI	SI	SI	1.000	1.000	0.068	0.044
M1																			1.000	1.000	0.736	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior se observa que, la digitalización como patrón tecnológico dominante no se presenta de la misma forma en el conjunto de configuraciones elaboradas. Por ejemplo, en la primera configuración resalta la mayor presencia de componentes integrados que determinan la característica a la digitalización de patrón tecnológico (27%) y en la segunda configuración la combinación de componentes integrados desarrolladas por el software le da un valor menos al carácter de dominación de la digitalización. Sin embargo,

el 73% del conjunto de actores entrevistados validan la presencia de los componentes integrados del cambio tecnológico en el contexto de la gestión de innovación universitaria.

Otro de los resultados de la aplicación del QCA se refiere a un conjunto específico de componentes integrados que se presentan en las doce configuraciones elaboradas: 1) desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación; 2) definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización; 3) elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado; 4) promoción de mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación; y 5) ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.

Tres de estos componentes se refieren a la interacción entre los actores de innovación, lo cual viene a respaldar nuevamente la premisa de considerar al Sistema de Nacional de Innovación como dimensión estratégica en el contexto de análisis de la digitalización como patrón tecnológico dominante. Este conjunto de componentes integrados si bien podrían permitir constituir una base operativa, organizativa y programática de la gestión de innovación, también su direccionamiento posee un alto nivel de complejidad (Berryhill, Kok Heang y Clogher, 2019 y Estrada et al., 2016).

De tal manera que, el uso del QCA permite mostrar un conjunto de componentes integrados que más resaltan en la configuración de la digitalización como patrón tecnológico dominante. Esto también pudo demostrarse en el comportamiento de los componentes

integrados en los histogramas y diagramas de caja desarrollados. Con la utilización del QCA se determina que los componentes integrados del cambio tecnológico no necesariamente todos pueden presentarse al mismo tiempo ni de la misma manera.

En términos prácticos uno podría inferir que los componentes integrados del cambio tecnológico por su complejidad no necesariamente todos pueden ser considerados en el proceso de la gestión de innovación. Ello dependerá fundamentalmente de la estructura económica, de las condiciones de mercado y de las políticas de innovación que existan en cada país, y además de la capacidad innovativa y de interacción de los actores. Este escenario ratifica el contexto de alta complejidad en el que se desarrolla la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Es necesario señalar algunas de las limitaciones más importantes que estuvieron presentes en el proceso de investigación de este tema. La primera, se refiere al campo teórico de la investigación, aún cuando existe un importante número de contribuciones teóricas sobre el cambio el cambio tecnológico, tanto las que se resaltaron aquí en esta investigación como otras posturas existentes desde muy básicas (Katz, (1987) hasta otras más recientes (Nübler, 2016¹⁰⁸; Roitter, 2019)¹⁰⁹ no se encontró una sistematización longitudinal del concepto en donde se pudiera observar la transformación digital y su relación con los componentes teóricos del cambio tecnológico y asimismo tampoco fue posible obtener una caracterización sobre la evolución de los sistemas nacionales de innovación respecto a este patrón tecnológico. Sin embargo, y previamente identificando esta limitación fue posible hacer una

108 Nübler (2016) se refiere al cambio tecnológico desde una visión sistémica en donde se incorporan elementos complejos de la dinámica social y de cierta manera con mayor fuerza que los elementos de carácter económico.

109 Para Roitte 2019 el cambio tecnológico es definido como un proceso en el que intervienen diferentes elementos más o menos vinculados con la producción de tecnología. Allí tanto la tracción de la demanda como el factor de empuje de la oferta genera nuevos conocimientos tecnológicos.

sistematización sobre variables conceptuales, es así como se llegó a la identificación de los componentes integrados.

Una segunda limitación son los aspectos complejos; los elementos a favor y en contra de la aplicación de una metodología determinada, lo cual se interpreta aquí como una de las características que se encuentran presentes en cualquier investigación de carácter científico. La aplicación de QCA, si bien permite rastrear el comportamiento de variables mediante la elaboración de configuraciones lógicas, la interpretación de los resultados es altamente compleja, y por lo tanto exige una precisión conceptual de cada variable para poder interpretarla en el contexto de la elaboración de las configuraciones.

Finalmente, se debe señalar que el contexto en el que se desarrollo la investigación se inició mucho antes de la aparición de la pandemia COVID-19 y la actividad de análisis de los datos del QCA se inició en medio del desarrollo de la misma. La digitalización como expresión del cambio tecnológico y patrón tecnológico dominante ha adquirido una dinámica de mayor aceleración en comparación con la etapa previa en la que no había aparecido la pandemia. Si bien es cierto, no fue posible analizar con mayor profundidad algunos elementos de la digitalización en las circunstancias actuales vinculantes con los objetivos de esta investigación, ello no impide que los hallazgos logrados en este trabajo se conformen en una base teórica y empírica que permite una aproximación a la caracterización de la complejidad y dinámica del cambio tecnológico a través de la digitalización. Lo cual permite inferir que los hallazgos y evidencias logrados poseen una fuerza teórica y conceptual importante que pueden ser utilizados en el contexto de las nuevas transformaciones tecnológicas que se desarrollan en la actualidad.

Aquí no sólo se identifico las características de la digitalización como patrón tecnológico dominante, sino que también, se dejó abierto a partir de esta noción, la característica de “doble dominante”. Estas evidencias en su conjunto podrían ser de una relevancia importante para los países de América Latina, en el sentido de que se tendrían evidencias fundamentalmente teóricas que obligarían a una transformación de las políticas públicas de innovación capaces de impactar en la estructura económica de estos países.

REFERENCIAS

- Abramovitz, M. (1956), “Resource and output Trends in the United States since 1870”, American Economic Review Papers and Proceedings, vol. 46, May.
- Agudelo, M., Chomali, E., Suniaga, J., Núñez, G., Jordán, V., Rojas, F., ... & Callorda, F. (2020). Las oportunidades de la digitalización en América Latina frente al Covid-19.
- Aguilar-Barceló, J. G., & Higuera-Cota, F. (2019). Los retos en la gestión de la innovación para América Latina y el Caribe: un análisis de eficiencia. Revista CEPAL.
- Aguillo, I. (2012). Rankings de universidades: El ranking web. Higher Learning Research Communications, 2(1), 3-22. <http://dx.doi.org/10.18870/hlrc.v2i1.56>
- Aguirre, T. (2017). Ciclo largo y sistema financiero: Crisis, contracción del crédito y ganancia. Revista Ola Financiera. Vol. 10 (No. 28). Consultado: 04-12-2018. Recuperado de: www.olafinanciera.unam.mx.
- Ahmad, N., & Ribarsky, J. (2018, September). Towards a framework for measuring the digital economy. In 16th Conference of the International Association of Official Statisticians.

- Aichholzer, G., & Schienstock, G. (Eds.). (2010). Technology policy: Towards an integration of social and ecological concerns (Vol. 52). Walter de Gruyter.
- Albers, S., & Gassmann, O. (2011). Handbuch Technologie-und Innovationsmanagement: Strategie-Umsetzung-Controlling (Vol. 2, p. 851). Gabler.
- Almaraz, F. (2016). Implicaciones del proceso de transformación digital en las instituciones de educación superior. El caso de la Universidad de Salamanca. Servicio de España: Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 247p.
- Alcántar, J. U. L. I. O., Hernández, H. I. L. D. A., & LEVY, I. (2015). Factores que afectan a las etapas iniciales del desarrollo de nuevas tecnologías.
- Almaraz, F., Maz, A., y López, C. (2017). Análisis de la transformación digital de las instituciones de Educación Superior. Un marco de referencia técnico. Revista de Educación Mediática y TIC: EDMETIC, 6(1), pp. 181-202.
- Amador, S. R., Pérez, M. D., López-Huertas, M. J., & Font, R. J. R. (2018). Indicator system for managing science, technology and innovation in universities. *Scientometrics*, 115(3), 1575-1587.
- Antons, D., & Piller, F. T. (2015). Opening the black box of “Not Invented Here”: Attitudes, decision biases, and behavioral consequences. *Academy of Management Perspectives*, 29(2), 193-217.
- Alofan, F., Chen, S., & Tan, H. (2020). National cultural distance, organizational culture, and adaptation of management innovations in foreign subsidiaries: A fuzzy set analysis of TQM implementation in Saudi Arabia. *Journal of Business Research*, 109, 184-199.

- Alvarez-Castañón, L; Estrada, S; Palacios, R (2018). El Sistema de Innovación ante el reto del desarrollo en la región del Bajío mexicano. En: Veredas del Desarrollo Regional Sostenible. Editores: Álvarez-Castanón, L; De la Rosa Leal, M. Universidad de Guanajuato. Primera Edición. ISBN 978-607-441-512-4. Pág. 59-84
- Álvarez-Castañón, L; Coronado-Ramírez José; Cárcano-Solis, M-L (2016). "Redes de Innovación Tecnológica en Guanajuato: Experiencias de Cooperación Ciencia-industria Local. En: Desarrollo desde lo Local y Dinámicas Territoriales. Editores: Rodríguez, J; Álvarez-Castanón, L; Tagle, D; Coronado, J. pp. 241-261.
- Al-Kindi, I., Al-Khanjari, Z., & Kraiem, N. (2017). Sultan Qaboos University between E-Learning and Massive Open Online Course: Future Vision. no. February, 38-42.
- Andersen, E. S. (1997). Introduction to Innovation System: Evolutionary Perspectives. In Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organisations.
- Archibugi, D., & Pianta, M. (1996). Measuring technological change through patents and innovation surveys. *Technovation*, 16(9), 451-519.
- Area, M. (2018). Hacia la universidad digital: ¿dónde estamos y a dónde vamos? *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia* (2018), 21(2), pp. 25-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/ried.21.2.21801>
- Ariza, M., & Gandini, L. (2012). El análisis comparativo cualitativo cómo estrategia metodológica. Ariza, Marina y Velasco, Laura (Coords.), *Métodos cualitativos y su aplicación empírica. Por los caminos de la investigación sobre la migración internacional*. México: Instituto de Investigaciones Sociales y Colegio de la Frontera Norte.

- Asheim, B. T., & Herstad, S. J. (2003). Regional clusters under international duress: Between local learning and global corporations. *Asheim and Mariussen (2003)*, 203-40.
- Autio, E., & Laamanen, T. (1995). Measurement and evaluation of technology transfer: review of technology transfer mechanisms and indicators. *International Journal of Technology Management*, 10(7-8), 643-664.
- Aviles, E. (2018). Contribuciones contemporáneas de metodologías cualitativas para el análisis de políticas públicas: Process Tracing y Qualitative Comparative Analysis. *Revista de Sociología e Política*, 26 (67), 21-37.
<http://dx.doi.org/10.1590/1678987318266702>
- Baldwin, R. (2016). *The great convergence*. Harvard University Press.
- Baldwin, R. (2019) Globalisation 1.0 and 2.0 helped the G7. Globalisation 3.0 helped India and China instead. What will Globalisation 4.0 do? Consultado el 6 de Marzo de 2019 a través de: <https://voxeu.org/content/globalisation-10-and-20-helped-g7-globalisation-30-helped-india-and-china-instead-what-will-globalisation-40-do#.XEbPABFbabc.twitter>
- Bárcena, A., Prado, A., Cimoli, M., & Pérez, R. (2016). Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital, La situación de América Latina y el Caribe. LC/G, 2685, 2016.
- Bates, A. W. (2001). *Estrategias para los responsables de centros universitarios*. Barcelona: Gedisa/EDIUOC.
- Bell, D. (1973) *The coming of post-industrial society: a venture in social forecasting*, New York, Basic Books.

- Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2020). Industry 4.0 innovation ecosystems: an evolutionary perspective on value cocreation. *International Journal of Production Economics*, 107735.
- Berryhill, J., Kok Heang, K., & Clogher, R. (2019, 16 septiembre). [Call for Comments: Artificial Intelligence (AI) Primer - Observatory of Public Sector Innovation] [Publicación en un blog]. Recuperado 29 septiembre, 2019, de <https://oecd-opsi.org/ai-consultation/>
- Bertani, F., Ponta, L., Raberto, M., Teglio, A., & Cincotti, S. (2020). The complexity of the intangible digital economy: an agent-based model. *Journal of business research*.
- Bianchi, P., Durán, C. R., & Labory, S. (Eds.). (2019). *Transforming Industrial Policy for the Digital Age: Production, Territories and Structural Change*. Edward Elgar Publishing.
- Bilyalova, A. A., Salimova, D. A., & Zelenina, T. I. (2019, May). Digital transformation in education. In *International Conference on Integrated Science* (pp. 265-276). Springer, Cham.
- Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2015) *The second machine age. Work, progress and prosperity in a time of brilliant technologies*, New York, W. W. Norton & Company.
- Bunge, M. (2018). *La ciencia: su método y su filosofía* (Vol. 1). Laetoli.
- Byrne, D. (2002): *Interpreting qualitative data*, Sage Publications, London.
- Cantner, U., & Meder, A. (2008). Innovators and the diversity of innovation systems (No. 2008, 043). *Jena economic research papers*.
- Cantner, U. and Graf, H. (2006), "The Network of Innovators in Jena: An Application of Social Network Analysis." *Research Policy*, 35(4), 463-480

- Cantner U., Conti, E. and Meder, A. (2010), "Networks and innovation: the role of social assets in explaining firms' innovative capacity." *European Planning Studies*, 18(12), 1937-1956
- Cantner, U. (2016). *Foundations of Economic Change: An Extended Schumpeterian Approach*. In *Foundations of Economic Change* (pp. 9-49). Springer, Cham.
- Cantner, U., Graf, H. and Hinzmann, S. (2013), "Policy induced innovation networks: the case of the German "Leading-Edge Cluster competition" *Jena Economic Research Papers* 2013-008, Friedrich- Schiller-University Jena, Max-Planck-Institute of Economics
- Cantner, U. (2017). *Foundations of Economic Change: An Extended Schumpeterian Approach*. In *Foundations of Economic Change* (pp. 9-49). Springer, Cham.
- Cantner, U., & Vannuccini, S. (2018). Elements of a Schumpeterian catalytic research and innovation policy. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 833-850.
- Carifio, J., & Perla, R. J. (2007). Ten common misunderstandings, misconceptions, persistent myths and urban legends about Likert scales and Likert response formats and their antidotes. *Journal of Social Sciences*, 3(3), 106-116.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research policy*, 31(2), 233-245.
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Journal of evolutionary economics*, 1(2), 93-118.
- CEPAL, N. (2018). Alianza estratégica entre la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

- CEPAL, N. (2018a). Monitoreo de la Agenda Digital para América Latina y el Caribe eLAC2018.
- CEPAL, N. (2018b). Informe de la Sexta Conferencia Ministerial sobre la Sociedad de la Información de América Latina y el Caribe.
- CEPAL-UNESCO (2020). Informe de la educación en tiempos de la pandemia de COVID-19.
- Cimoli, Mario y Dosi, Giovanni (1994). De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de producción e innovación, Comercio Exterior, Vol44, No. 8, México.
- Cimoli, M., Porcile, G., Primi, A., & Vergara, S. (2005). Cambio estructural, heterogeneidad productiva y tecnología en América Latina. En: Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina-LC/W. 35-2005-p. 9-39.
- Colina, L, Uzcategui, B. (2009). Educación a Distancia y TIV: Transformaciones para la innovación en Educación Superior. En Telematique, 8 (1),pp 100-122 [en línea] <<http://www.publicaciones.urbe.edu/index.php/telematique/article/view/864/213>> .[Fecha de consulta: 10/12/2017].
- Coccia M. (2018). Which technological characteristics matter most in evolutionary pathways of new technology? Hedonic pricing method for detecting and predicting technological trajectories in smartphone Working Paper CocciaLab n. 36, CNR -- National Research Council of Italy, Turin.
- Conceição, P., & Heitor, M. V. (2011). Techno-economic paradigms and latecomer industrialization.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), (2015). Agendas Estadales y Regionales de Innovación”, México, Conacyt, en <<http://www.agendasinnovacion.mx/>>, consultado el 5 de noviembre de 2018.

- Cooper, B., & Glaesser, J. (2012). Qualitative Work and the Testing and Development of Theory: Lessons from a Study Combining Cross-Case and Within- Case Analysis via Ragin's QCA. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 13(2). Retrieved from [http://www. qualitative-research.net/index.php/fqs/article/ view/1776](http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1776)
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.
- Choi, J. Y., Jeong, S., & Jung, J. K. (2018). Evolution of technology convergence networks in Korea: Characteristics of temporal changes in R&D according to institution type. *PloS one*, 13(2), e0192195.
- Crawford, J., Butler-Henderson, K., Rudolph, J., Malkawi, B., Glowatz, M., Burton, R., ... & Lam, S. (2020). COVID-19: 20 countries' higher education intra-period digital pedagogy responses. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 3(1), 1-20.
- Crespi, G. A., Olivari, J., & Vargas, F. (2016). Productividad e innovación y la nueva economía de servicios en América Latina y el Caribe: retos e implicaciones de política. *La Política de Innovación en América Latina y el Caribe: Nuevos Caminos*, Inter-American Development Bank, Washington, DC, 57-99.
- Davis, S. M. (1987). *Future perfect*. Reading, Massachusetts: Addison.
- Dedrick, J., Gurbaxani, V., & Kraemer, K. L. (2003). Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 35(1), 1-28.

- iDegryse, C. (2016). Digitalization of the Economy and its Impact on Labour Markets. *Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.2730550. Consultado: 4-12-2018. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/297392058>.
- de la Fuente, J. L. (1997). Técnicas de cálculo para sistemas de ecuaciones, programación lineal y programación entera: códigos en FORTRAN y C con aplicaciones de sistemas de energía eléctrica. Reverté.
- del Águila Obra, A. R., Meléndez, A. P., Tarrés, C. S., & Vergés, J. M. V. (2001). La economía digital y su impacto en la empresa: bases teóricas y situación en España. *Boletín económico de ICE*, (2705).
- der Forschungsunion Wirtschaft–Wissenschaft, P. K. (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie, 4.
- Díaz, B. G., Duarte, C. L., & Suárez, M. M. V. (2013). Inversión española en la Unión Europea y modo de implantación: Análisis desde una perspectiva cualitativa comparativa. *GCG: Revista de Globalización, Competitividad y Gobernabilidad*, 7(1), 1.
- Dixit, P. (2017). Digitalisation-An Emerging Trend in Human Resource Practices. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 3(4).
- Domínguez Figaredo, D. (2014). La digitalización como factor de cambio en la educación superior (Digitization as Exchange Factor in Higher Education). *Cuadernos Hispanoamericanos*, 769-770.
- Dopfer, K., Foster, J., & Potts, J. (2004). Micro-meso-macro. *Journal of evolutionary economics*, 14(3), 263-279.

- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research policy*, 11(3), 147-162.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R., Silverberg, R. and Soete, L. (1988) *Technological Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, London.
- Dussel Peters, E. (1997). *La economía de la polarización: teoría y evolución del cambio estructural de las manufacturas mexicanas 1988-1996* (No. 338.4767 D8.).
- Duşa, A. (2018). *QCA with R: A comprehensive resource*. Springer.
- Dusa, Adrian (2019) *QCA with R. A Comprehensive Resource*. Springer International Publishing.
- Drucker, P. (2014). *Innovation and entrepreneurship*. Routledge.
- Eisenhardt, K. M., & Graebner, M. E. (2007). Theory building from cases: opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50(1), 25-32.
- Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: what are they?. *Strategic management journal*, 21(10-11), 1105-1121.
- Elrod, S. L., & Stansfield, W. D. (2002). *Schaum's outline of theory and problems of genetics* (pp. 43-45). McGraw-Hill.
- European Commission. (2020). *The Digital Economy & Society Index (DESI)*. [Online] Consultado en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/qanda_20_1022,ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi [Accessed 10 April 2016].
- Escorsa, P. y Valls, J. (2005). *Tecnología e Innovación en la empresa*. México: Alfaomega.

- Escorsa Castells, P. (2007) “Tecnología e innovación en la empresa. Dirección y gestión”. España: Editorial UPC.
- Escott, M. (2018). Introducción al Análisis cualitativo cómo técnica de investigación. Revista DIGITAL CIENCIA@ UAQRO, (11), 56-66.
- Escott, M. P., Palacios, R., & Valencia, R. (2019). Digitalización y nueva dinámica del cambio tecnológico: Implicaciones en la gestión de innovación de la educación superior en México. Debates Sobre Innovación, 3(4), 7-19. Recuperado de <https://economiaeinovacionuamx.org/revista/numero/8>
- Escott, M. P., Palacios, R., & Cruz, X. M. (2020). The new complexity and new dynamics of technological change; and its effects on innovation management. IAMOT 2020 Conference Proceedings. (p.1063–1076). Cairo, Egipto: International Association for Management of Technology.
- Estrada, Álvarez y Palacios (2016). Limitations of Latin America Innovation Systems: Analysis from the creative destruction heuristics. Conferencepaper 16th ISS Conference on Evolutionary Economics and Innovation. Montreal, Canadá.
- Etzkowitz, H., & Zhou, C. (2017). The triple helix: University–industry–government innovation and entrepreneurship. Routledge.
- Evangelista, R., Sandven, T., Sirilli, G., & Smith, K. (1998). Measuring innovation in European industry. International Journal of the Economics of Business, 5(3), 311-333.
- Fatás-Villafranca, F., Jarne, G., & Sánchez-Chóliz, J. (2012). Innovation, cycles and growth. Journal of evolutionary economics, 22(2), 207-233.

- Foltz, J. D., Barham, B. L., Chavas, J. P., & Kim, K. (2012). Efficiency and technological change at US research universities. *Journal of Productivity Analysis*, 37(2), 171-186
- Foray, D., Mowery, D., & Nelson, R.R. (2012). Public R&D and social challenges: What lessons from mission R&D programs? *Research Policy*, 41(10), 1697-1902.
- Forschung, E. E. (2019). *Innovation (2008): Gutachten zu Forschung. Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands*, Berlin: EFI.
- Flyvbjerg, B. (2004). Phronetic planning research: Theoretical and methodological reflections. *Planning Theory & Practice*, 5(3), 283-306.
- Franklin, G. F., Powell, J. D., Emami-Naeini, A., & Powell, J. D. (2002). *Feedback control of dynamic systems (Vol. 4)*. Upper Saddle River: Prentice hall.
- Freeman, C. and C. Perez (1988), *Structural crisis of adjustment: business cycles and investment behaviour*, in G. Dosi et al. (eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.
- Freeman, C. and L. Soete (1997) *The Economics of Industrial Innovation*. London: Pinter.
- Freeman, C., & Soete, L. (1990). Fast structural change and slow productivity change: Some paradoxes in the economics of information technology. *Structural Change and Economic Dynamics*, 1(2), 225-242.
- Freeman, C., & Soete, L. (1994). *Work for all or mass unemployment*. London: Pinter, 14.
- Freeman, C. (1995). "El Sistema Nacional de Innovación en perspectiva histórica". *Diario de Cambridge de Economía* 19. pp. 5-22
- Freeman, C. (1982) *The Economics of Industrial Innovation*, Pinter Publishers, London.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, Londres, Pinter Publishers.

- Freeman, C.; Clark, J.; Soete, L. (1985). Desempleo e innovación tecnológica. Ministerio Seguridad Social, Madrid.
- Galindo-Martín, M. Á., Castaño-Martínez, M. S., & Méndez-Picazo, M. T. (2019). Digital transformation, digital dividends and entrepreneurship: A quantitative analysis. *Journal of Business Research*, 101, 522-527.
- Ganter, A., & Hecker, A. (2014). Configurational paths to organizational innovation: qualitative comparative analyses of antecedents and contingencies. *Journal of Business Research*, 67(6), 1285-1292.
- Geiger, D. (2005). Wissen und Narration: Der Kern des Wissensmanagements: Zugl. Berlin, Freie Univ., Diss.
- Gerbert, P., Lorenz, M., Rüßmann, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. BCG. URL: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx.
- Godínez, J. (2019). El sistema de innovación y sus implicaciones en el bienestar socioambiental de Querétaro (México). Tesis Doctoral. Universidad de Guanajuato.
- Godinho, M. M., Mendonça, S. F., & Pereira, T. S. (2006). A Taxonomy of National Innovation Systems: Lessons From an Exercise Comprising a Large Sample of Both Developed, Emerging and Developing Economies. Georgia Institute of Technology.
- Good, I. J. (1966). Speculations concerning the first ultraintelligent machine. In *Advances in computers* (Vol. 6, pp. 31-88). Elsevier.

- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7), 1645-1660.
- Guertler, M. R., Kriz, A., & Sick, N. (2020). Encouraging and enabling action research in innovation management. *R&D Management*, 50(3), 380-395.
- Gummett, P. (1991). The evolution of science and technology policy: a UK perspective. *Science and Public Policy*, 18(1), 31-37.
- Gregersen, B., & Johnson, B. H. (2001). *Learning Economy, Innovation Systems and Development: Paper prepared for the ESST Converge Project*.
- G20 (2018), *Toolkit for Measuring the Digital Economy*, G20 Digital Economy Task Force, G20 Argentine Presidency 2018, Buenos Aires.
- Hall, P. (2003). Aligning ontology and methodology in comparative politics. in J. Mahoney and D. Rueschemeyer (eds). *Comparative Historical Analysis in the Social Sciences*, New York: Cambridge University Press.
- Hannan, M. T., & Freeman, J. (1984). Structural inertia and organizational change. *American sociological review*, 149-164.
- Hanusch, H., & Pyka, A. (2006). Principles of neo-Schumpeterian economics. *Cambridge Journal of Economics*, 31(2), 275-289.
- Hart, C. (2018). *Doing a literature review: Releasing the research imagination*. Sage.
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological forecasting and social change*, 74(4), 413-432.

- Hinostroza, J. E., & Labbé, C. (2011). Políticas y prácticas de informática educativa en América Latina y El Caribe. Cepal.
- Hinostroza, J. (2017). TIC, educación y desarrollo social en América Latina y el Caribe. Uruguay: Publicaciones UNESCO. Consultado: 5-12-2018. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002628/262862s.pdf>
- Hirschman, A. O., & de Silva Herzog, M. T. M. (1961). La estrategia del desarrollo económico (Vol. 2). México: Fondo de cultura económica.
- Hoshino, T (2016) “¿Podrían entrar las empresas mexicanas a la red de proveeduría automotriz?”. En: Desarrollo desde lo Local y Dinámicas Territoriales. Editores: Rodríguez, J; Álvarez-Castanon, L; Tagle, D; Coronado, J. pp. 135-161.
- Hurtado, C. D., Correa, Z. C., & Cardona, Y. A. C. (2013). The role of a public university in a global environment: networks and externalities of the R&D of the Cauca University. *Estudios Gerenciales*, 29(129), 396-405.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts.
- ICEMD-ESIC (2018): Principales tendencias de la transformación digital en la Educación. Consultado a través de: https://storage.googleapis.com/icemdweb-wp-uploads/2019/06/073f0279-resumen_digital_transformation_trends_in_education.pdf.
- IDC (2016). IDC Infodoc: Madurez de las universidades latinoamericanas en la Transformación Digital. IDC Latin America Integrated Marketing Programs.
- IMD (2017): IMD World Digital Competitiveness Ranking 2017. International Institute for Management Development World Competitiveness Center, Lausanne.

- IMD (2018): IMD World Digital Competitiveness Ranking 2018. International Institute for Management Development World Competitiveness Center, Lausanne.
- IMD (2019): IMD World Digital Competitiveness Ranking 2019. International Institute for Management Development World Competitiveness Center, Lausanne.
- Industriall Global Union (2017). The Challenge of Industry 4.0 and the demand for new answers: The Role of Unions for the Future of Modern Societies in the Light of Structural Diversities (borrador de informe de trabajo sin publicar).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). Banco de Información Económica. México. Consultado: 5-12-2018. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/>
- Innovación UNAM. (2018). Innovación y Desarrollo en la UNAM. Innovación UNAM, 10, 4-11. Recuperado de http://www.innovacion.unam.mx/gaceta/gaceta_10.pdf
- Jiménez-Barrera, Y. (2018). Aproximación crítica a las principales teorías sobre el cambio tecnológico. Revista Problemas del Desarrollo, 193 (49). Consultado: 2-12-2018. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/prode/v49n193/0301-7036-prode-49-193-171.pdf>
- Kanger, L., & Schot, J. (2019). Deep transitions: Theorizing the long-term patterns of socio-technical change. Environmental Innovation and Societal Transitions, 32, 7-21.
- Katz, R., Jung, J., & Callorda, F. (2020). El estado de la digitalización de América Latina frente a la pandemia del COVID-19.
- Katz, R. L., & Callorda, F. (2015). Impacto de arreglos institucionales en la digitalización y el desarrollo económico de América Latina. In Conferencia anual CPR LATAM, Cancún. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm>. Katz, C. (1996). La

concepción marxista del cambio tecnológico. Revista Buenos Aires. Pensamiento Económico, n 1, pag 155-180, Buenos Aires, Argentina. Consultado: 29-11-2018. Recuperado de: <https://katz.lahaine.org/la-concepcion-marxista-del-cambio-tecnologico/>

Katz, C. (2001). Ernest Mandel y la teoría de las ondas largas, Teoría, en Razón y Revolución nro. 7.

Katz, C. (2014). Discusiones marxistas sobre tecnología. Razón y Revolución, (3).

Katz, J. M. (Ed.). (1987). Technology generation in Latin American manufacturing industries. Springer.

Kauffman, S. (1995). The search for laws of self-organization and complexity.

Kayal, A.A. (2008) 'National innovation systems a proposed framework for developing countries', Int. J. Entrepreneurship and Innovation Management, Vol. 8, No. 1, pp.74-86.

Kendrick, J. W. (1956), "Productivity Trends: Capital and Labor", Review of Economics and Statistics, vol. 38.

Keynes, J. M. (1921). A treatise on probability. Macmillan and Company, limited.

Kogut, B., & Zander, U. (1992). Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. Organization science, 3(3), 383-397.

Kondratieff, N. D. (1926). The major cycles of the conjuncture and the theory of forecast. Moscow: Ekonomika. In Russian.

Kurzweil, R. (2012). La singularidad está cerca. Berlín, Alemania: Lolabooks.

Knight, F. H. (1921). Cost of production and price over long and short periods. Journal of Political Economy, 29(4), 304-335.

Kurzweil, R. (2001), "The law of accelerating returns" (en línea). Consultado: 05-12-2018.

Recuperado de: <http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns>

Kurzweil, R. (2005). *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. Penguin Books. p. 362.

Khoshlahn, M., & Ardabili, F. S. (2016). The role of organizational agility and transformational leadership in service recovery prediction. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 230, 142-149.

Lawrence, T., Suddaby, R., & Leca, B. (2011). Institutional work: Refocusing institutional studies of organization. *Journal of management inquiry*, 20(1), 52-58.

Leicester, G. (2016). *Transformative innovation: A guide to practice and policy*. Triarchy Press with International Futures Forum.

Lieberson, S. (2004). Comments on the use and utility of QCA. *Qualitative Methods*, Vol. 2, Num. 2, pp. 13- 14.

Llinás Solano, H. (2018). *Estadística inferencial*. Universidad del Norte.

López de la Madrid, María Cristina, and Katiuzka Flores Guerrero. "Las TIC en la Educación Superior de México. Políticas y acciones." (2010).

Lugo, M. T., Bedoya Rodríguez, R. F., Bercovich, N., Brechner, M., Cobo, C., Gvirtz, S., ... & Scuro Somma, L. (2016). *Entornos digitales y políticas educativas: dilemas y certezas*.

Luhmann, N. (1973). *Método funcional y Teoría de Sistemas. Ilustración sociológica y otros ensayos*. Sur, Buenos Aires.

Lundvall, B. Å., & Borrás, S. (1998). *The globalising learning economy: Implications for innovation policy*.

- Lundvall, B. A. (1992). National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning (No. 50.003 NAT).
- Lundvall, B. (2007). National Innovation Systems-Analytical Concept and Development Tool, *Industry and Innovation*, Reino Unido, Taylor & Francis, vol. 14, num. 1, pp. 95-119.
- Luján, J. L., & Moreno, L. (1996). El cambio tecnológico en las ciencias sociales: el estado de la cuestión. *Reis*, 127-161.
- Machi, L. A., & McEvoy, B. T. (2016). *The literature review: Six steps to success*. Corwin Press.
- Mahoney, J. (2004). Comparative-historical methodology. *Annual Review of Sociology*, 30: 81– 101.
- Mackie, J. L. (1974). *The cement of the universe: A study of causation*. Oxford: Clarendon Press.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research policy*, 31(2), 247-264.
- Mandel, E., & Maestro, J. (1986). *Las ondas largas del desarrollo capitalista: la interpretación marxista*. Economía y Demografía.
- Marinoni, G., van't Land, H., & Jensen, T. (2020). The impact of Covid-19 on higher education around the world. *IAU Global Survey Report*.
- Marquina, P., Alvarez, C., Guevara, D., & Guevara, R. (2013, 2 de agosto). Revisión de Literatura Esquema. Documento de trabajo con esquema para el desarrollo del Trabajo de Investigación Final-Tesis, modalidad

- Matínez, Pablo Kovács (2018). Proyecto Fin de Grado en Ingeniería de Organización Industrial (tesis de pregrado). Universidad de Sevilla.
- Mato, D. (2009). Instituciones Interculturales de Educación Superior en América Latina. Procesos de construcción, logros, innovaciones y desafíos. UNESCO. IESALC.
- Mazzucato, M. (2013a). The Entrepreneurial State Debunking Public Vs. Private Sector Myths.
- Mazzucato, M. (2013b). Financing innovation: creative destruction vs. destructive creation. *Industrial and Corporate Change*, 22(4), 851-867.
- Mazzucato, M. and Perez, C. (2015) 'Innovation as growth policy', in Fagerberg, J., Laestadius, S. & Martin, B.R. (eds.) *The Triple Challenge for Europe: Economic Development, Climate Change, and Governance*. Oxford: OUP, pp. 229-264.
- Mazzucato, M. (2015a). The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths, 1.
- Mazzucato M. (2016) "From Market Fixing to Market-Creating:A new framework for innovation policy", Forthcoming in Special Issue of *Industry and Innovation*: "Innovation Policy – can it make a difference?" DOI 10.1080/13662716.1146124.
- Mazzucato, M., & Penna, C. (2016a). The Brazilian innovation system: a mission-oriented policy proposal.
- Mazzucato, M. (2018). *The value of everything: Making and taking in the global economy*. Hachette UK.
- Mazzucato, M. (2019). *Governing missions in the European Union*. Independent Expert Report.

- Metcalfe, J. S. (1995). Technology systems and technology policy in an evolutionary framework. *Cambridge journal of economics*, 19(1), 25-46.
- Metcalfe, S. (1995a). The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives. *Handbook of the economics of innovation and technological change*.
- Mikalef, P., & Pateli, A. (2017). Information technology-enabled dynamic capabilities and their indirect effect on competitive performance: Findings from PLS-SEM and fsQCA. *Journal of Business Research*, 70, 1-16.
- Mileham, A. R. (2010). *SPRINGER HANDBOOK OF MECHANICAL ENGINEERING*. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 224(B7), 1157.
- Milliken, F. J. (1987). Three types of perceived uncertainty about the environment: State, effect, and response uncertainty. *Academy of Management review*, 12(1), 133-143.
- Monahan, T. (2006). *Globalization, Technological Change, and Public Education*. New York: Routledge.
- Moore, G. (1965). Moore's law. *Electronics Magazine*, 38(8), 114.
- Morales, S. (2017). El salto digital: los avances y retos de México en digitalización. *Revista Expansión*. Consultado: 09-09-2018. Recuperado de: <https://expansion.mx/tecnologia/2017/01/26/el-salto-digital-los-avances-y-retos-de-mexico-en-digitalizacion>
- Morin, E. (1998). *Introduction to complex thought*. Points, Essai, Seuil, 158.
- Morin, E. (2013). *La méthode: la nature de la nature*. Le Seuil.
- Mowery, D.C. (2010). Military R&D and innovation. In B. H. Hall & N. Rosenberg (Eds.), *Handbook of the Economics of Innovation* (Vol. 2, pp. 1219-1256).

- Mulder, P., Reschke, C. H., & Kemp, R. (1999, June). Evolutionary theorising on technological change and sustainable development. In 1st European Meeting on Applied Evolutionary Economics, Grenoble, France (pp. 7-9).
- McCann, J. E., & Selsky, J. (1984). Hyperturbulence and the emergence of type 5 environments. *Academy of Management Review*, 9(3), 460-470.
- Negraes Brisolla, S. N. (1995). Capacitación tecnológica y patrones tecnológicos: Una visión a partir de los países en desarrollo. *Redes*, 2(5), 35-65.
- Nelson, R. R., & Sidney, G. (1982). Winter. 1982. An evolutionary theory of economic change, 929-964.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). The Schumpeterian tradeoff revisited. *The American Economic Review*, 72(1), 114-132.
- Nelson, R. R. (Ed.). (1993). *National innovation systems: a comparative analysis*. Oxford University Press on Demand.
- Niosi, J. (2002). National systems of innovations are “x-efficient”(and x-effective): Why some are slow learners. *Research policy*, 31(2), 291-302.
- Nübler, I. (2016). New technologies: A jobless future or golden age of job creation. *International Labour Office Research Department Working Paper*, 13, 22-23.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Modemo*. Pearson Educación SA, Madrid, España, 5(12), 568-590.
- Orbe, A. (2011). La Singularidad no está cerca, según Paul Allen. *Revista hipertextual*. Artículo consultado: 08-03-2019. Recuperado de: <https://economico.mx/ec0n0/wp-content/uploads/2018/06/libro-perspectivas-ocde-economia-digital-2017.pdf>

- Ordanini, A., Parasuraman, A., & Rubera, G. (2014). When the recipe is more important than the ingredients: A qualitative comparative analysis (QCA) of service innovation configurations. *Journal of Service Research*, 17(2), 134-149.
- Ordov, K., Madiyarova, A., Ermilov, V., Tovma, N., & Murzagulova, M. (2019). New trends in education as the aspect of digital technologies. *Technology*, 10(2), 1319-1330.
- Orlikowski, W. J., & Iacono, C. S. (2000). The truth is not out there: An enacted view of the digital economy. *Understanding the digital economy: Data, tools, and research*, 352-380.
- Orlikowski, W. J., & Baroudi, J. J. (1991). Studying information technology in organizations: Research approaches and assumptions. *Information systems research*, 2(1), 1-28.
- OECD (2017). *OECD Digital Economy Outlook 2017*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264276284-en>.
- OCDE (2015). *Perspectivas de la OCDE sobre la economía digital 2015*. Ciudad de México. Recuperado de: http://www.oecd.org/sti/ieconomy/DigitalEconomyOutlook2015_SP_WEB.pdf
- OCDE (2020). *A roadmap toward a common framework for measuring the Digital Economy, Report for the G20 Digital Economy Task Saudi Arabia Presidency 2020*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2014). *Panorama de la Educación 2014*. México: OCDE.
- Palacios, R (2009). "Inclusión y Cohesión Social de las Políticas Públicas vinculadas con las TICS en América Latina". *Proceedings of 3. ACORN.REDECOM Conference Mexico City. Sep 4-5 2009. Pp. 141-149* <https://es.slideshare.net/ACORN->

REDECOM/inclusin-y-cohesin-social-de-las-polticas-pblicas-vinculadas-con-las-tics-en-amrica-latina-rafael-palacios-bustamante-2009

Palmieri, L., & Jensen, H. J. (2019). A novel approach to the study of critical systems. arXiv preprint arXiv:1906.00847.

Panori, A., Kakderi, C., Komninos, N., Fellnhofer, K., Reid, A., & Mora, L. (2020). Smart systems of innovation for smart places: Challenges in deploying digital platforms for co-creation and data-intelligence. *Land Use Policy*, 104631.

Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research policy*, 13(6), 343-373.

Pavitt, K. (1987). The objectives of technology policy. *Science and public policy*, 14(4), 182-188.

Pavitt, K. (2005). Innovation processes. In *The Oxford handbook of innovation*.

Pennings, P. (2009). Fuzzy-sets and QCA—The methodology of the fuzzy-set logic and its application. In *Methoden der vergleichenden Politik-und Sozialwissenschaft* (pp. 347-363). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Pérez, C. (2018a). (11 de septiembre de 2018). Second machine age or fifth technological revolution? (Part 1) [Mensaje en un blog]. UCL Institute for Innovation and Public Purpose Blog, Recuperado de <https://medium.com/iipp-blog/second-machine-age-or-fifth-technological-revolution-part-1-ed66b81a9352>

Pérez, C. (2018b). (20 de septiembre de 2018). Second machine age or fifth technological revolution? (Part 2) [Mensaje en un blog]. UCL Institute for Innovation and Public Purpose Blog, Recuperado de <https://medium.com/iipp-blog/second-machine-age-or-fifth-technological-revolution-part-2-db42863a8df8>

- Pérez, C. (2018c). (27 de septiembre de 2018). Second machine age or fifth technological revolution? (Part 1) [Mensaje en un blog]. UCL Institute for Innovation and Public Purpose Blog, Recuperado de <https://medium.com/iipp-blog/second-machine-age-or-fifth-technological-revolution-part-3-a268f91d5b34>
- Pérez, C. (2004). Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza. Siglo XXI.
- Perez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge journal of economics*, 34(1), 185-202.
- Pérez, C. (2000). La reforma educativa ante el Nuevo Paradigma. UCAB Eureka.
- Perez, C. (2013). Unleashing a golden age after the financial collapse: Drawing lessons from history. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 6, 9-23.
- Perez, C. (2003). *Technological revolutions and financial capital*. Edward Elgar Publishing.
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil.
- Pomeranz, K. (2009). *The great divergence: China, Europe, and the making of the modern world economy* (Vol. 6). Princeton University Press.
- Porter, M. E. (1996). Competitive advantage, agglomeration economies, and regional policy. *International regional science review*, 19(1-2), 85-90.
- Powell, J. D., Franklin, G. F., & Emami-Naeini, A. (2019). *Control of Dynamic Systems*. Global Edition.
- Pradhan, S. K. (2019). Industry 4.0-A New Manufacturing Paradigm. *The Management Accountant Journal*, 54(6), 48-52.
- Phillips, C. L., & Habor, R. D. (1995). *Feedback control systems*. Simon & Schuster, Inc..

- Ragin, C. (1987). *The Comparative Method: Moving Beyond Qualitative and Quantitative Strategies*- Berkeley, CA: University of California Press.
- Ragin, C.C.; Rihoux, B. (2004). *Qualitative Comparative Analysis (QCA): State of the Art and Prospects*, *Qualitative Methods*, Vol. 2, Num. 2, pp. 3-13.
- Ragin, C.C. (2006). *Set relations in social research: Evaluating their consistency and coverage*. *Political Analysis*, Vol. 14, Num. 3, pp. 391-310.
- Ragin, C. C. (2009). *Redesigning social inquiry: Fuzzy sets and beyond*. University of Chicago Press.
- Ragin, C. C., & Amoroso, L. M. (2010). *Constructing social research: The unity and diversity of method*. Pine Forge Press.
- Rama, C. (2014). *La virtualización universitaria en América Latina*. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, vol. 11, núm. 3, julio-, 2014, pp. 33-43 *Universitat Oberta de Catalunya*. Consultado: 20-11-2018. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/780/78031423004.pdf>
- Rihoux, B., & Lobe, B. (2015). *The Case-orientedness of Qualitative Comparative Analysis (QCA): Glass half-empty or half-full*. *Teorija in praksa*, 52(6), 1039-1055.
- Rincón Castillo, E. (2004). *El sistema nacional de innovación: Un análisis teórico conceptual*. *Opción*, 20 (45), 94-117.
- Ríos, H., y Marroquín, J., (2012). *Innovación tecnológica cómo mecanismo para impulsar el crecimiento económico: Evidencia regional para México*. Elsevier LTD. 58 (3): 11-37. Consultado: 6-12-2018. Recuperado de: <http://www.elsevier.es/es-revista-contaduria-administracion-87-pdf-S0186104213712208>
- Rip, A., & Van den Belt, H. (1988). *Constructive Technology Assessment: Toward a Theory*. manuscrito, Enschede, University of Twente.

- Rivas, G., & Rovira, S. (2014). Nuevas instituciones para la innovación, CEPAL–Economic
- Rodés Paragarino, V. (2014). Procesos de gestión del cambio tecnológico y organizacional para la integración del uso educativo de TIC en la Universidad de la República, Uruguay.
- Rivera Ríos, M. Á., Robert, V., & Yoguel, G. (2009). Cambio tecnológico, complejidad e instituciones: el caso de Argentina y México. *Problemas del desarrollo*, 40(157), 75-109.
- Roitter, S. (2019). Cambio tecnológico y empleo aportes conceptuales y evidencia frente a la dinámica en curso (No. 995058592602676). *International Labour Organization*.
- Rosati, G., & Chazarreta, A. (2017). El Qualitative Comparative Analysis (QCA) cómo herramienta analítica: Dos aplicaciones para el análisis de entrevistas. *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*, 7(1).
- Roseth, B., Reyes, A., Farias, P., Porrúa, M., Villalba, H., Acevedo, S., ... & Fillotrani, P. (2018). El fin del trámite eterno: Ciudadanos, burocracia y gobierno digital. *Inter-American Development Bank*.
- Silverman, D. (2001). *Interpreting Qualitative Data: Methods for Analysing Talk, Text and Interaction*: Sage Publications.
- Rosenberg, N. (1980). Marx y la tecnología. *Monthly Review*, n 8, Barcelona, marzo 1980.
- Rosenberg, N., & Nathan, R. (1982). *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. (1991). Critical issues in science policy research. *Science and Public Policy*, 18(6), 335-346.

- Rosenberg, N. (2011). Was Schumpeter a marxist? *Industrial and corporate change*, vol. 20, núm. 4, pp. 1215-1222.
- Rosenberg, N. y Frischtak, C.R. (1984)", *Technological Innovation and Long Waves*", *Cambridge Journal of Economics*, Nª 8 p.7-24
- Salomon, J. J. (1991). Changing perspectives of science policy: insights into innovation process. *Journal of scientific & industrial research*, 50(2), 90-101.
- Santarcángelo, J. E., Fal, J., & Pinazo, G. (2011). Los motores del crecimiento económico en la Argentina: rupturas y continuidades. *Investigación económica*, 70(275), 93-114.
- Simancas García, J. L. (2013). *Realimentación Negativa AS: Una Aproximación a la Realimentación Negativa sin Reducción de Ganancia*.
- Shackle, G. L. (1949). A non-additive measure of uncertainty. *The Review of Economic Studies*, 17(1), 70-74.
- Schienstock, G. (1994). Technology policy in the process of change: Changing paradigms in research and technology policy. *Technology policy: Towards an integration of social and ecological concerns*. Berlin, 1-23.
- Schot, J. W. (1992). Constructive technology assessment and technology dynamics: the case of clean technologies. *Science, Technology, & Human Values*, 17(1), 36-56.
- Schreyögg, G. (2012). *Unternehmensstrategie: Grundfragen einer Theorie strategischer Unternehmensführung*. Studienausgabe. Walter de Gruyter.
- Schultz, T. (1968). *Valor económico de la educación*. México: Uteha.
- Schumpeter, J. A. 1911 [1961]. *The Theory of Economic Development*, New York, Oxford University Press

- Schumpeter (1911) Teoría del desenvolvimiento económico. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, 1944.
- Schumpeter, J. A. (1961) [1982].. The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle (1912/1934). Google Scholar.
- Schumpeter, J. (1978). Teoría del desenvolvimiento económico. México:Fondo de Cultura Económica.
- Schumpeter, J. (1939). Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. Primera Edición, McGrawHill, New York.
- Schumpeter, J. (1967). Teoría del desenvolvimiento económico. Cuarta Edición, Fondo de Cultura Económica, México D.F
- Smith, K. (1997). Economic infrastructures and innovation systems. Systems of Innovation: Technologies, institutions and organizations, 86-106.
- Smith, K. (2005). Measuring Innovation. S. 148-177 in: Fagerberg, Jan, David C. Mowery und Richard R. Nelson (Hg.).
- Smits, R., Leyten, J., & Den Hertog, P. (1995). Technology assessment and technology policy in Europe: new concepts, new goals, new infrastructures. Policy Sciences, 28(3), 271-299.
- Solís, B., Li, C., y Szymanski, J. (2014). The 2014 state of digital transformation. Altimeter Group. Consultado: 3-12-2018. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/Altimeter/report-the-2014-state-of-digital-transformation-by-altimeter-group>

- Soete, L., & Turner, R. (1984). Technology diffusion and the rate of technical change. *The Economic Journal*, 94(375), 612-623.
- Schot, J., & Steinmueller, E. (2016). Framing innovation policy for transformative change: Innovation policy 3.0. SPRU Science Policy Research Unit, University of Sussex: Brighton, UK.
- Schneider, C. Q., & Wagemann, C. (2012). Set-theoretic methods for the social sciences: A guide to qualitative comparative analysis. Cambridge University Press.
- Solow, R. M. (1956), "A Contribution to The Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, núm. 1, February.
- Solow, R. M. (1957), "Technical Change and The Aggregate Production Function", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 39, núm. 3, August.
- Solow, R. M. (1962). Technical progress, capital formation, and economic growth. *The American Economic Review*, 52(2), 76-86.
- Solow, R. M. (1986). La teoría del crecimiento y sus alcances. *American Economic Review*.
- Sunkel, G., Trucco, D., & Espejo, A. (2014). La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe: una mirada multidimensional. Cepal.
- Schrempf, B., Kaplan, D., & Schroeder, D. (2013). National, regional, and sectoral systems of innovation—an overview. Report for FP7 Project «Progress». European Commission.
- Sterman, J. (2010). *Business dynamics*. Irwin/McGraw-Hill c2000...
- Strielkowski, W. (2020). COVID-19 pandemic and the digital revolution in academia and higher education.

- Swan, T. W. (1956), "Economic Growth and Capital Accumulation", *Economic Record*, vol. 32, November.
- Tapias, H. (1996). Dinámica tecnológica. *Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, Colombia*. N° 11. Consultado: 02-12-2018. Recuperado de: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/ingenieria/article/view/325554/20782926>
- Teece, D. J. (2017). Managingtheuniversity: Why "organizedanarchy" isunacceptable in theage of massive open online courses. *StrategicOrganization*, 1476127017732760.
- Teece, D. J., & Pisano, G. (1994). The dynamics capabilities of firms: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3(3), 537-556.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic management journal*, 18(7), 509-533.
- Telecom Advisory Services LLC, T. (2017). Hacia la transformación digital de América Latina y el Caribe: El Observatorio CAF del Ecosistema Digital. Caracas: CAF. Retrieved from <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1059>
- Teubal, M., Foray, D., Justman, M., & Zuscovitch, E. (Eds.). (2013). *Technological Infrastructure Policy: An International Perspective (Vol. 7)*. Springer Science & Business Media.
- Tidd, J., & Bessant, J. R. (2018). *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*. John Wiley & Sons.
- Thelen, K. and Mahoney, J. (2015). Comparative- historical analysis in contemporary political science,in J. Mahoney and K. Thelen (eds), *Advances in Comparative-historical Analysis*, New York:Cambridge University Press.

- Tóth, Z., Thiesbrummel, C., Henneberg, S. C., & Naudé, P. (2015). Understanding configurations of relational attractiveness of the customer firm using fuzzy set QCA. *Journal of Business Research*, 68(3), 723-734.
- Tubella Casadevall, MCastells, P. Ficapal Cusi, and A. Batlle Rubio (2004). *Sociedad del conocimiento*. Editorial UOC.
- Treber, S., Breig, R., Kentner, M., Häfner, B., & Lanza, G. (2019). Information Exchange in Global Production Networks: Increasing Transparency by Simulation, Statistical Experiments and Selection of Digitalization Activities. *Procedia CIRP*, 84, 225-230.
- UAQ (2019). Reseña histórica de la Universidad. Obtenido el 21 de marzo de 2019, desde <http://www.uaq.mx/ofertaeducativa/rhistorica.html>
- UAQ (2019). Unidad de información y estadística universitaria. el 21 de marzo de 2019, desde <http://www.uaq.mx/estadistica/est.html>
- Ulam, S. (1958). Tribute to John von Neumann. *Bulletin of the American mathematical society*, 64(3), 1-49.
- Universia (2018). Declaración de Salamanca. IV Encuentro Internacional de Rectores. Universia 2018, Salamanca, España, 21-22 de mayo de 2018. http://static.ow.ly/docs/declaracion%20salamanca_7ElZ.pdf
- Universidad Autónoma de México (2019). #TendenciasDeGénero. [online] [Tendencias.cieg.unam.mx](http://tendencias.cieg.unam.mx). Available at: <http://tendencias.cieg.unam.mx> [Accessed 2 Mar. 2019].
- UNESCO (2003). Contribución de la unesco a la cumbre mundial sobre la sociedad de la información (Ginebra 2003 y Túnez 2005). París, Francia: UNESCO. Obtenido el 1

de junio del 2016 desde:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>

UNESCO (2008). El Desafío de la Alfabetización en el Mundo. París, Francia: UNESCO.

Obtenido el 15 de junio del 2016 desde:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001631/163170s.pdf>

UNESCO (2014). Revisión Regional una Educación para todos en América Latina y el Caribe. Chile: UNESCO. Obtenido el 15 de junio de 2016 a través de:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002327/232701s.pdf>

Uşaklıoğlu, A. Y. (2020). The Crucial Effects of COVID-19 on Digital Law. Available at SSRN 3572561.

Valaei, N., Rezaei, S., & Ismail, W. K. W. (2017). Examining learning strategies, creativity, and innovation at SMEs using fuzzy set Qualitative Comparative Analysis and PLS path modeling. *Journal of Business Research*, 70, 224-233.

Valdez-Lafarga, C., & León-Balderrama, J. I. (2015). Hacia una taxonomía de los sistemas regionales de innovación en México. *Economía, sociedad y territorio*, 15(48), 517-553.

Valenduc, G. (2018) Technological revolutions and societal transitions. ETUI aisbl, Bruselas. Recuperado de: <https://www.etui.org/Publications2/Foresight-briefs/Technological-revolutions-and-societal-transitions>. Consultado: 28-11-21018

Valenduc, G. y Vendramin, P. (2016). Work in the digital economy: sorting the old from the new. European trade union institute. Consultado: 3-12-2018. Recuperado de: http://ftu-namur.org/fichiers/Work_in_the_digital_economy-ETUI2016-3-EN.pdf

- Valenduc, G., & Vendramin, P. (2017). Digitalisation, between disruption and evolution. *Transfer: European Review of Labour and Research*, 23(2), 121-134.
- Van de Ven, A. H., & Rogers, E. M. (1988). Innovations and organizations: Critical perspectives. *Communication research*, 15(5), 632-651.
- Van de Ven, A. H., Polley, D. E., Garud, R., & Venkataraman, S. (1999). *The innovation journey* Oxford University Press. New York.
- Verspagen, B. (2004). Structural change and technology. *Revue économique*, 55(6), 1099-1125.
- Vicente-Saez, R., Gustafsson, R., & Van den Brande, L. (2020). The dawn of an open exploration era: Emergent principles and practices of open science and innovation of university research teams in a digital world. *Technological Forecasting and Social Change*, 156, 120037.
- Villazul, J. J. (2005). La dimensión evolutiva de la innovación: un rumbo necesario de la política científica, tecnológica y de innovación. *Economía y Sociedad*, 10(15), 99-119.
- Villalobos, M. G. (2009). Pedroza, FR (2009). Perspectiva de la teoría del capital humano acerca de la relación entre educación y desarrollo económico. *Revista: Tiempo de Educar*, 10, 20.
- Vinge, V. (1993, March). Technological singularity. In VISION-21 Symposium sponsored by NASA Lewis Research Center and the Ohio Aerospace Institute (pp. 30-31).
- Yami, S., M'Chirgui, Z., Spano, C., & Barykina, O. G. (2020). Reinventing science and technology entrepreneurship education: The role of human and social capitals. *Technological Forecasting and Social Change*, 120044.

- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (4th ed. Vol. 5): Sage Publications.
- Wagemann, C. (2012). ¿Qué hay de nuevo en el Método Comparado?: QCA y el análisis de los conjuntos difusos. *Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública*, 51 - 75.
- Watanabe, C., Naveed, K., Tou, Y., & Neittaanmäki, P. (2018). Measuring GDP in the digital economy: Increasing dependence on uncaptured GDP. *Technological Forecasting and Social Change*, 137, 226-240.
- Watermeyer, R., Crick, T., Knight, C., & Goodall, J. (2020). COVID-19 and digital disruption in UK universities: afflictions and affordances of emergency online migration. *Higher Education*, 1.
- Weitzman, M. L. (1998). Recombinant growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(2), 331-360.
- Woodside, A. G. (2013). Moving beyond multiple regression analysis to algorithms: Calling for adoption of a paradigm shift from symmetric to asymmetric thinking in data analysis and crafting theory.
- Xu, Q., Chen, J., Xie, Z., Liu, J., Zheng, G., & Wang, Y. (2007). Total Innovation Management: a novel paradigm of innovation management in the 21st century. *The Journal of Technology Transfer*, 32(1-2), 9-25.
- Zeppini, P. (2011). *Behavioural models of technological change*. Thela Thesis.
- Zimmermann, H. D., & Koerner, V. (1999). Emerging Industrial Structures in the Digital Economy-the Case of the Financial Industry. *AMCIS 1999 Proceedings*, 39.

Zimmermann, V. (2020). Innovatio in der Corona -Krise: Not macht erfinderisch, KfW-Research. KfW Research. Fokus Volkswirtschaft, No. 295, 13.Julio.2020.

ANEXOS

ANEXO 1

Objetivos educativos de la Agenda Digital para América Latina y el Caribe 2020

<i>Dimensión</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Descripción</i>
<i>Infraestructura digital</i>	Obj. 1	Fomentar la elaboración e implementación de planes de banda ancha con metas concretas y medibles para el despliegue de redes de alta capacidad, la gestión eficiente del espectro radioeléctrico que busque la masificación en el acceso a los servicios de comunicación en beneficio de los ciudadanos y el impulso a la inversión necesaria para la prestación de los mismos en condiciones asequibles y de calidad, haciendo especial énfasis en las zonas remotas, las áreas rurales y semiurbanas, además de otras áreas desatendidas.
	Obj. 2	Impulsar políticas e incentivos para el despliegue y la operación de infraestructura y las tecnologías necesarias para el desarrollo de Internet, especialmente puntos de intercambio de Internet (IXP) y los protocolos IPv6.
	Obj. 3	Promover el uso de protocolos, tecnologías digitales y despliegue de infraestructura resiliente que den soporte a la prevención de los efectos, la mitigación y la recuperación rápida en situaciones de desastres y los efectos del cambio climático.
<i>Transformación digital y economía digital</i>	Obj. 4	Fomentar el uso de tecnologías digitales en las empresas, con foco especial en las mipymes, así como promover la transformación digital en los distintos aspectos de la economía.
	Obj. 5	Promover ecosistemas regionales de emprendimiento y acciones públicas y privadas para impulsar la innovación basada en datos y acelerar los emprendimientos de base tecnológica.
	Obj. 6	Promover el desarrollo de fondos de capital de riesgo a nivel regional, con el apoyo de instituciones financieras, tradicionales y no tradicionales, para ofrecer recursos a emprendimientos de base tecnológica.
	Obj. 7	Promover el teletrabajo en los países de la región mediante el intercambio de buenas prácticas, el desarrollo y/o el fortalecimiento de marcos normativos, el desarrollo de habilidades digitales y su monitoreo y evaluación.
<i>Mercado digital regional</i>	Obj. 8	Promover una estrategia de mercado digital regional que incremente el comercio y la economía digital y fortalezca la competitividad de América Latina y el Caribe mediante incentivos, coherencia normativa, integración en materia de infraestructura digital, el desarrollo de plataformas digitales de bienes, servicios y contenidos, y el flujo transfronterizo de datos.
	Obj. 9	Impulsar medidas para la facilitación del comercio regional a través del uso de tecnologías digitales, la coordinación institucional y la interoperabilidad de los diferentes sistemas nacionales de comercio exterior.
<i>Gobierno digital</i>	Obj. 10	Establecer e impulsar estándares de servicios digitales que faciliten y agilicen los servicios gubernamentales y promuevan múltiples canales de acceso, favoreciendo un entorno regional interoperable de servicios digitales mediante el desarrollo de infraestructura, plataformas, arquitecturas, estándares y sistemas integrados.
	Obj. 11	Impulsar el uso de componentes reutilizables y soluciones abiertas de gobierno digital para el diseño de servicios públicos.

<i>Cultura, inclusión y habilidades digitales</i>	Obj. 12	Promover la adopción de una estrategia regional de estándares para la gestión e interoperabilidad de la identidad digital, la firma digital o electrónica avanzada, la apostilla electrónica y la historia clínica electrónica, que impulsen innovaciones en los sectores público y privado, preservando la privacidad de la información, fortaleciendo la seguridad y la confianza en las transacciones en línea.
	Obj. 13	Promover iniciativas de gobierno abierto a través del uso de plataformas digitales que faciliten la apertura y la reutilización de datos, la colaboración, la participación ciudadana, la innovación social, la transparencia pública y la rendición de cuentas.
	Obj. 14	Promover el uso de sistemas digitales para compras gubernamentales, contrataciones de servicios y obras públicas, que permita asegurar la transparencia, la vigilancia ciudadana y una efectiva rendición de cuentas.
	Obj. 15	Impulsar el desarrollo y la incorporación de habilidades digitales y de pensamiento computacional en los procesos de enseñanza-aprendizaje, mediante la actualización de los contenidos curriculares, acorde a las capacidades que demandarán las actividades del futuro.
	Obj. 16	Fortalecer las habilidades digitales avanzadas, técnicas y profesionales, además de proveer incentivos para que las empresas y los gobiernos capaciten continuamente a sus trabajadores y se mejore la productividad y la eficiencia.
<i>Tecnologías emergentes para el desarrollo sostenible</i>	Obj. 17	Promover la producción, oferta y uso de los contenidos, bienes y servicios digitales como condición necesaria para la inclusión de personas con discapacidad y personas mayores en la sociedad de la información, especialmente para el trabajo, la educación, el acceso a la justicia, los servicios públicos y las ciudades inteligentes.
	Obj. 18	Masificar el acceso a servicios digitales y la producción y oferta de contenidos, asegurando la inclusión de toda la población, estimulando también la producción, la oferta y el uso de contenidos en lenguas indígenas y originarias.
	Obj. 19	Promover una cultura digital que incentive en los habitantes el desarrollo de habilidades y competencias digitales para el uso innovador, seguro y responsable de las TIC para una convivencia pacífica en línea.
	Obj. 20	Promover el diseño de políticas públicas apoyadas en la innovación basada en datos y alineadas con las prioridades y estrategias nacionales y regionales.
	Obj. 21	Impulsar en los procesos de formulación e implementación de las políticas públicas y diseño de servicios digitales el uso convergente de diferentes tipos de tecnologías emergentes.
<i>Gobernanza para la sociedad de la información</i>	Obj. 22	Promover servicios financieros digitales como una prioridad para desarrollar sistemas financieros inclusivos, mediante la innovación, un marco regulatorio habilitante, el fortalecimiento de habilidades digitales, la gestión financiera responsable, la seguridad y el fortalecimiento de los sistemas de identificación.
	Obj. 23	Promover una perspectiva integral de igualdad de género en las políticas públicas de desarrollo digital, asegurando el pleno acceso y uso de las TIC a las mujeres y niñas, además del impulso de su participación y liderazgo en espacios públicos y privados de decisión.
	Obj. 24	Prevenir y combatir el cibercrimen mediante políticas públicas y estrategias de seguridad digital, el desarrollo y/o establecimiento de marcos normativos, el fortalecimiento de capacidades y la coordinación local, regional e internacional entre equipos de respuesta a incidentes informáticos.
	Obj. 25	Promover la participación de los países de América Latina y el Caribe en los procesos de gobernanza de Internet, reforzando los mecanismos regionales, fortaleciendo capacidades y promoviendo sinergias, y fomentar el desarrollo de espacios de diálogo y mecanismos nacionales de múltiples partes interesadas.
	Obj. 26	Fortalecer la institucionalidad de las entidades responsables de diseñar, implementar, dar seguimiento y continuidad a las políticas públicas de transformación digital y las agendas digitales nacionales, y promover la articulación y participación de las distintas partes interesadas en el desarrollo de estas políticas.
	Obj. 27	Promover la coherencia normativa y coordinación regional para la efectividad de las políticas mediante la adopción de estándares abiertos y la neutralidad tecnológica con la participación y corresponsabilidad de los distintos actores del ecosistema digital.
	Obj. 28	Coordinar acciones orientadas a garantizar la privacidad, la protección de datos personales, la defensa del consumidor en línea, el acceso a la información pública y la libertad de expresión, en el entorno digital, evitando el uso indebido y no autorizado

	de los datos, y fortaleciendo los mecanismos de colaboración entre las autoridades competentes de la región.
Obj. 29	Mejorar la medición de la transformación digital y la economía digital reforzando los procesos de recolección de datos para las estadísticas oficiales que incluya el uso de tecnologías avanzadas y el fortalecimiento y armonización de marcos comunes de indicadores y su monitoreo a través de observatorios sobre la sociedad de la información.
Obj. 30	Fortalecer la cooperación regional como un mecanismo esencial para aprovechar las oportunidades y enfrentar los desafíos de la región en materia de la sociedad de la información.

Fuente: CEPAL (2018b, p.4-7)

ANEXO 2

Casos de estudio y recolección de información

<i>Caso</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cuestionarios</i>	<i>Agentes clave</i>
1	Universidad Nacional Autónoma de México	4	Director de Servicios Tecnológicos Coordinador de Innovación y Desarrollo Director de Incubadoras y Parques Tecnológicos Directora de Proyectos Especiales
2	Universidad de Guadalajara	4	Coordinación de Investigación, Posgrado y Vinculación Coordinador General de Tecnologías de la Información Coordinación General Académica Coordinación General de Planeación y Desarrollo Institucional
3	Universidad Autónoma de Querétaro	4	Coordinadora del Centro de Investigación en Tecnología Educativa Docente investigador y Ex Coordinadora del Campus Virtual FCA Coordinador de Proyectos Especiales Director de Innovación y Tecnología de la Información
4	Universidad Tecnológica de Querétaro	4	Dirección de Innovación y Desarrollo Tecnológico Secretaría Académica Director de Tecnologías de la Información Director de la División Industrial

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3

CUESTIONARIO SOBRE COMPONENTES ASOCIADOS A LA DINÁMICA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO Y LA DIGITALIZACIÓN EN LA UNIVERSIDAD

El presente cuestionario forma parte del trabajo de investigación titulado: “Digitalización y nueva dinámica del cambio tecnológico; Implicaciones en la gestión de innovación universitaria en México, como requisito para obtener el grado de Doctor en Gestión Tecnológica e Innovación por la Universidad Autónoma de Querétaro. El objetivo del

cuestionario es poder validar un conjunto de variables identificadas relacionadas con la nueva dinámica del cambio tecnológico. Para ello se ha elegido a la universidad cómo actor fundamental del Sistema de Innovación. La información obtenida por la aplicación del cuestionario es de carácter confidencial y reservado.

1. ¿La universidad desarrolla redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación?

Se desarrollan completamente () Se desarrollan parcialmente () Se desarrollan muy poco () No se desarrollan ()

2. ¿La universidad define la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización?

La define completamente () La define parcialmente () La define muy poco () No la define ()

3. ¿La universidad desarrolla una estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías?

La desarrolla completamente () La desarrolla parcialmente () La desarrolla muy poco () No la desarrolla ()

4. ¿La universidad, al momento de elegir e implementar la estrategia de innovación se basa en la demanda tecnológica existente en el mercado?

Se basa completamente () Se basa parcialmente () Se basa muy poco () No se basa ()

5. ¿La universidad promueve mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de su estrategia de innovación?

Los promueve completamente () Los promueve parcialmente () Los promueve muy poco () No los fomenta ()

6. ¿La universidad formula estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan?

Las formula y las considera completamente () Las formula y las considera parcialmente () Las formula y las considera muy poco () No las formula ni las considera ()

7. ¿La sostenibilidad ambiental se ubica entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad?

Sí se ubica completamente () Se ubica parcialmente () Se ubica muy poco ()
No se ubica ()

8. ¿La orientación de los gastos e inversión de la universidad se determinan por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad?

Se determinan completamente () Se determinan parcialmente () Se determinan muy poco () No se determinan ()

9. ¿Las capacidades acumulativas de conocimiento marcan la orientación de la estrategia de I+D de la universidad?

Si marcan la orientación () La marcan parcialmente () La marcan muy poco () No la marcan ()

10. ¿La universidad formula su estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías?

Si la formula completamente () La formula parcialmente () La formula muy poco ()
No la formula ()

11. ¿Las innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad sustentan la continuación de la estrategia de I+D?

Si las sustentan completamente () Las sustentan parcialmente () Las sustentan muy poco () No las sustentan ()

12. ¿La transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación se constituye en una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria?

Si se constituye completamente () Se constituye parcialmente () Se constituye muy poco () No se constituye ()

13. ¿La universidad formula su estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización?

Si la formula completamente () La formula parcialmente () La formula muy poco ()
No la formula ()

14. ¿La universidad diferencia la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación?

Si la diferencia completamente () La diferencia parcialmente () La diferencia muy poco ()
 No la diferencia ()

15. ¿La universidad hace análisis económico del beneficio que le generaría el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación?

Si lo hace completamente () Lo hace parcialmente () Lo hace muy poco ()
 No lo hace ()

16. ¿La difusión de tecnología se conforma en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad?

Si se conforma completamente () Se conforma parcialmente () Se conforma muy poco ()
 No se conforma ()

17. ¿La universidad implementa su estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos?

Si la implementa completamente () La implementa parcialmente () La implementa muy poco ()
 No la implementa ()

18. ¿La universidad posee una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación?

Si la posee y si la utiliza completamente () La posee y la utiliza parcialmente () La posee y la utiliza muy poco ()
 No la posee ni la utiliza ()

ANEXO 4

Tercera configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

~HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*~DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOINST*~DIRECCIONT*~DIFUSIONT*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
~	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo <i>incipientemente</i> de redes heterogéneas internas y externas de actores

			cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Pluralidad e Interacción de los actores y competencia y cooperación 	iaactor	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Diversidad tecnológica • Convergencia tecnológica • Nicho tecnológico 	diversidadt	Desarrollo <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Interacciones sociales • Asimilación tecnológica • Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción <i>incipientes</i> entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Dinámica del mercado • Economía digital 	economiad	Formulación <i>incipientemente</i> de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Política ambiental • Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación <i>incipientemente</i> de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación <i>incipientemente</i> de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Transición tecnológica y despliegue de tecnología • Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución <i>incipientemente</i> de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Paradigma tecnológico • Patrón tecnológico 	patront	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Nexos entre instituciones (redes) 	nexoinst	Diferenciación <i>incipientemente</i> de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis <i>incipientemente</i> del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.

~	• Difusión tecnológica	difusio	Conformación <i>incipientemente</i> de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
~	• Política científica	pcientifica	Implementación <i>incipientemente</i> de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
~	• Comportamiento exponencial tecnológico	exponencialt	Consolidación <i>incipientemente</i> de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta tercera configuración indica a través de su cobertura total de 0.093 que el 9% (Ver tabla 4.8 renglón C3) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C3), 9% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Cuarta configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

HACTOR*~IACTOR*DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NE XOINST*DIRECCIONT*DIFUSIONT*PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
SI	• Heterogeneidad de los actores – homo agents –	hactor	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.

~	<ul style="list-style-type: none"> • Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	factor	Definición <i>incipientemente</i> de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Diversidad tecnológica • Convergencia tecnológica • Nicho tecnológico 	diversidadt	Desarrollo de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Interacciones sociales • Asimilación tecnológica • Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción <i>incipientes</i> entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Dinámica del mercado • Economía digital 	economiad	Formulación <i>incipientemente</i> de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Política ambiental • Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación <i>incipientemente</i> de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Transición tecnológica y despliegue de tecnología • Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución <i>incipientemente</i> de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Paradigma tecnológico • Patrón tecnológico 	patront	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Nexos entre instituciones (redes) 	nexoinst	Diferenciación <i>incipientemente</i> de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear

			capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política científica 	pcientífica	Implementación de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
~	<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación <i>incipientemente</i> de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta cuarta configuración indica a través de su cobertura total de 0.093 que el 9% (Ver tabla 4.8 renglón C4) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C4), 9% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Quinta configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBL E*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEX OINST*~DIRECCIONT*~DIFUSIONT*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
SI	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de

			investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad tecnológica Convergencia tecnológica Nicho tecnológico 	diversidadt	Desarrollo <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
~	<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales Asimilación tecnológica Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Dinámica del mercado Economía digital 	economiad	Formulación <i>incipientemente</i> de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política ambiental Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación <i>incipientemente</i> de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	ucnocimiento	Orientación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
~	<ul style="list-style-type: none"> Transición tecnológica y despliegue de tecnología Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
~	<ul style="list-style-type: none"> Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución <i>incipientemente</i> de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Paradigma tecnológico Patrón tecnológico 	patront	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> Nexos entre instituciones (Redes) 	nexoinst	Diferenciación <i>incipientemente</i> de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis <i>incipientemente</i> del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación <i>incipientemente</i> de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.

~	<ul style="list-style-type: none"> Política científica 	pcientífica	Implementación <i>incipientemente</i> de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
~	<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación <i>incipientemente</i> de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta quinta configuración indica a través de su cobertura total de 0.124 que el 12% (Ver tabla 4.8 renglón C5) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C5), 12% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Sexta configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*UONOCIMIENTO*~PUNTOINF*~CALIDAD*~TRAYECTORIAT*PATRONT*~NEXOINS T*~DIRECCIONT*~DIFUSIONT*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
SI	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.

~	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad tecnológica Convergencia tecnológica Nicho Tecnológico 	diversidadt	Desarrollo <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales Asimilación tecnológica Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Dinámica del mercado Economía digital 	economiad	Formulación <i>incipientemente</i> de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política ambiental Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
~	<ul style="list-style-type: none"> Transición tecnológica y despliegue de Tecnología Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
~	<ul style="list-style-type: none"> Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución <i>incipientemente</i> de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Paradigma tecnológico Patrón tecnológico 	patront	Formulación de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> Nexos entre instituciones (redes) 	nexoinst	Diferenciación <i>incipientemente</i> de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis <i>incipientemente</i> del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación <i>incipientemente</i> de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Política científica 	pcientifica	Implementación <i>incipientemente</i> de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.

~	<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación <i>incipientemente</i> de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.
---	--	--------------	---

Fuente: Elaboración propia.

Esta sexta configuración indica a través de su cobertura total de 0.093 que el 9% (Ver tabla 4.8 renglón C6) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C6), 9% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Séptima configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*~INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBL E*~INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*CALIDAD*~TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXO INST*~DIRECCIONT*~DIFUSIONT*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
SI	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad tecnológica Convergencia tecnológica Nicho tecnológico 	diversidadt	Desarrollo de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
~	<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.

~	<ul style="list-style-type: none"> • Interacciones sociales • Asimilación tecnológica • Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción <i>incipientes</i> entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Dinámica del mercado • Economía digital 	economiad	Formulación <i>incipientemente</i> de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Política ambiental • Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación <i>incipientemente</i> de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Transición tecnológica y despliegue de tecnología • Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución <i>incipientemente</i> de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Paradigma tecnológico • Patrón tecnológico 	patront	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Nexos entre instituciones (redes) 	nexoinst	Diferenciación <i>incipientemente</i> de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis <i>incipientemente</i> del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación <i>incipientemente</i> de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Política científica 	pcientifica	Implementación <i>incipientemente</i> de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación <i>incipientemente</i> de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta séptima configuración indica a través de su cobertura total de 0.102 que el 10% (Ver tabla 4.8 renglón C7) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C7), 10% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Octava configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~ INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRAYECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*DI RECCIONT*DIFUSIONT*~PCIENTIFICA*EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
SI	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad tecnológica Convergencia tecnológica Nicho tecnológico 	diversidadt	Desarrollo de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales Asimilación tecnológica Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción <i>incipientes</i> entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.

SI	<ul style="list-style-type: none"> Dinámica del mercado Economía digital 	economiad	Formulación de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política ambiental Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación <i>incipientemente</i> de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Transición tecnológica y despliegue de Tecnología Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Paradigma tecnológico Patrón tecnológico 	patront	Formulación de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Nexos entre instituciones (redes) 	nexoinst	Diferenciación de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Política científica 	pcientifica	Implementación <i>incipientemente</i> de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta octava configuración indica a través de su cobertura total de 0.099 que el 9% (Ver tabla 4.8 renglón C8) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la

digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C8), 9% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Novena configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*~TRAYECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*~DIRECCIONT*DIFUSIONT*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
SI	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores como parte de la adaptación tecnológica e innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad tecnológica Convergencia tecnológica Nicho tecnológico 	diversidadt	Desarrollo de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales Asimilación tecnológica Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Dinámica del mercado Economía digital 	economiad	Formulación de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política ambiental Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de

			innovación actuales que al interno realiza la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Transición tecnológica y despliegue de Tecnología • Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución <i>incipientemente</i> de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Paradigma tecnológico • Patrón tecnológico 	patront	Formulación de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Nexos entre instituciones (redes) 	nexoinst	Diferenciación de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis <i>incipientemente</i> del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Política Científica 	pcientifica	Implementación <i>incipientemente</i> de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación <i>incipientemente</i> de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta novena configuración indica a través de su cobertura total de 0.084 que el 8% (Ver tabla 4.8 renglón C9) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como

patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C9), 8% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Décima configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

HACTOR*IACTOR*~DIVERSIDADT*~EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*~ECONOMIADIG*DSOSTENIBL E*INVERSIONEND*~UCONOCIMIENTO*~PUNTOINF*CALIDAD*TRAYECTORIAT*~PATRONT*~NEXOIN ST*~DIRECCIONT*~DIFUSIONT*~PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
SI	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad tecnológica Convergencia tecnológica Nicho tecnológico 	diversidadt	Desarrollo <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
~	<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales Asimilación tecnológica Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción <i>incipientes</i> entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Dinámica del mercado Economía digital 	economiad	Formulación <i>incipientemente</i> de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política ambiental Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación <i>incipientemente</i> de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.

~	<ul style="list-style-type: none"> • Transición tecnológica y despliegue de tecnología • Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Paradigma tecnológico • Patrón tecnológico 	patront	Formulación <i>incipientemente</i> de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Nexos entre instituciones (redes) 	nexoinst	Diferenciación <i>incipientemente</i> de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis <i>incipientemente</i> del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación <i>incipientemente</i> de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Política científica 	pcientifica	Implementación <i>incipientemente</i> de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación <i>incipientemente</i> de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta décima configuración indica a través de su cobertura total de 0.093 que el 9% (Ver tabla 4.8 renglón C10) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C10),

9% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Onceava configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

HACTOR*~IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRAYECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*DI RECCIONT*DIFUSIONT*PCIENTIFICA*~EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
SI	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición <i>incipientemente</i> de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad tecnológica Convergencia tecnológica Nicho tecnológico 	diversidadt	Desarrollo de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales Asimilación tecnológica Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción <i>incipientes</i> entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Dinámica del mercado Economía digital 	economiad	Formulación de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política ambiental Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación <i>incipientemente</i> de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Transición Tecnológica y despliegue de tecnología Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.

SI	<ul style="list-style-type: none"> • Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por la interacción de actores del Sistema de Innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Paradigma tecnológico • Patrón tecnológico 	patront	Formulación de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Nexos entre instituciones (redes) 	nexoinst	Diferenciación de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> • Política científica 	pcientifica	Implementación de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
~	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación <i>incipientemente</i> de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta onceava configuración indica a través de su cobertura total de 0.087 que el 8% (Ver tabla 4.8 renglón C11) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C11), 8% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.

Doceava configuración: Digitalización como patrón tecnológico dominante en las universidades públicas de México

~HACTOR*IACTOR*DIVERSIDADT*EXTERNAIDADR*INTERACCIONS*ECONOMIADIG*DSOSTENIBLE*~INVERSIONEND*UCONOCIMIENTO*PUNTOINF*CALIDAD*TRAYECTORIAT*PATRONT*NEXOINST*~DIRECCIONT*DIFUSIONT*PCIENTIFICA*EXPONENCIALT			
Presencia	Variables	Clave	Dinámica de la digitalización como patrón tecnológico dominante en las Universidades de México a través de:
~	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad de los actores – homo agents – 	hactor	Desarrollo <i>incipientemente</i> de redes heterogéneas internas y externas de actores cómo parte de la adaptación tecnológica e innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Pluralidad e interacción de los actores y competencia y cooperación 	iactor	Definición de la estrategia organizativa para orientar las actividades académicas y de investigación, a través de la composición y dinámica del mercado y la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Diversidad tecnológica Convergencia tecnológica Nicho tecnológico 	diversidadt	Desarrollo de la estrategia de I+D que conecta diferentes áreas de investigación para potenciar su capacidad en la generación de nuevas tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Externalidades de la red 	externaidadr	Elección e implementación de la estrategia de innovación basada en la demanda tecnológica existente en el mercado.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales Asimilación tecnológica Acción del gobierno 	interaccions	Promoción de mecanismos de interacción <i>incipientes</i> entre actores al interno y a lo externo (gobierno, sociedad, industria) para obtener información y utilizarla en la formulación de la estrategia de innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Dinámica del mercado Economía digital 	economiad	Formulación de estrategias de innovación considerando la dinámica de la digitalización y el comportamiento de los actores que allí participan.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política ambiental Desarrollo sostenible 	dsostenible	Ubicación de la sostenibilidad ambiental entre las tres primeras prioridades de innovación de la universidad.
~	<ul style="list-style-type: none"> Inversión endógena en I+D 	inversionend	Determinación <i>incipientemente</i> de los gastos e inversión de la universidad por la significación de los procesos organizativos y operativos de innovación actuales que al interno realiza la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Umbral de conocimiento (conocimiento como imperativo de la innovación) 	uconocimiento	Orientación de la estrategia de I+D a través de las capacidades acumulativas de conocimiento.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Transición tecnológica y despliegue de tecnología Punto de inflexión 	puntoinf	Formulación de la estrategia de innovación con base al monitoreo de maduración, obsolescencia y nuevo despliegue de tecnologías.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Evolución tecnológica por calidad del producto 	calidad	Continuación de la estrategia de I+D a través de innovaciones incrementales desarrolladas por la universidad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Trayectoria tecnológica 	trayectoria	Constitución de una plataforma de conocimiento para desarrollar la gestión de innovación universitaria a través de la transferencia de conocimiento generada por

			la interacción de actores del Sistema de Innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Paradigma tecnológico Patrón tecnológico 	patront	Formulación de la estrategia de innovación en absoluta conexión con el patrón tecnológico imperante, la digitalización.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Nexos entre instituciones (Redes) 	nexoinst	Diferenciación de la labor de coordinación y colaboración entre los actores de innovación para generar innovación.
~	<ul style="list-style-type: none"> Dirección tecnológica 	direcciont	Análisis <i>incipientemente</i> del beneficio económico que le generará el mercado y la dinámica de digitalización para desarrollar la innovación.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Difusión tecnológica 	difusiont	Conformación de la difusión de tecnología en la estrategia universitaria para crear capacidades de innovación e impactar en la economía y la sociedad.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Política científica 	pcientifica	Implementación de una estrategia de innovación con el fin de impactar en la orientación política y económica de los gobiernos.
SI	<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento exponencial tecnológico 	exponencialt	Consolidación de una unidad organizativa para monitorear el desarrollo exponencial que está experimentando la tecnología y utiliza la información para implementar nuevas estrategias de innovación.

Fuente: Elaboración propia.

Esta doceava configuración indica a través de su cobertura total de 0.068 que el 6% (Ver tabla 4.8 renglón C12) de los actores entrevistados validan que los componentes integrados muestran una capacidad potencial de adaptación de las universidades mexicanas frente a la digitalización como patrón tecnológico dominante. Por otro lado, los índices de consistencia y suficiencia son iguales a 1 indicando dos situaciones: a) la configuración de componentes integrados del cambio tecnológico es suficiente para representar a la digitalización como patrón tecnológico dominante y b) todos los casos que se presentan en la combinación (C12), 6% de ellos presentan también el resultado de la digitalización como patrón tecnológico dominante.