



Universidad Autónoma Metropolitana
Maestría en Economía, Gestión y Políticas de la
Innovación

**“Brechas tecnológicas entre países
desarrollados y América Latina”**

Idónea Comunicación de Resultados para obtener el Grado
de Maestro en Economía y Gestión de la Innovación

Presenta:

José Alfredo Padilla Reyes

Directora de Idónea Comunicación de Resultados:

Dra. Claudia Díaz Pérez

México, Ciudad de México, 07 de Septiembre de 2022

Agradecimientos

A mis padres,

por su apoyo, comprensión y amor incondicional.

A mi hermana Cinthya Jocelinne,

por escucharme, hacerme reír y mostrarme que
la vida es bella.

A mi hermano David,

por motivarme a continuar y llenarme de alegría.

A mis amigos,

por brindarme experiencias inolvidables.

A mi directora de ICR la Dra. Claudia Diaz

por ser guía en mi proceso de aprendizaje, fortalecer
mi investigación e invitarme a la reflexión.

A mis lectores,

por sus observaciones, críticas y sugerencias.

A la UAM y su posgrado de

Maestría en Economía, Política y Gestión de la Innovación,

por acompañarme en mi proceso de formación profesional.

A CONACYT,

por el financiamiento otorgado
para realizar mis estudios de maestría.

Dedicatoria

A mis padres, hermanos y amigos.

Contenido

Introducción	1
Capítulo 1: Brechas tecnológicas en la economía del conocimiento	7
1.1 Economía del conocimiento	7
1.2 Brechas tecnológicas	16
1.3 Índices de capacidades tecnológicas	24
Capítulo 2: Metodología	30
2.1 Criterios de la delimitación del estudio	31
2.2 Fases de la metodología	35
2.2.1 Fase 1: Elaboración de bases de datos.....	35
2.2.2 Fase 2: Clasificación por campo tecnológico.....	39
2.2.3 Fase 3: Cálculo del índice de capacidades tecnológicas nacionales y la brecha tecnológica.....	44
Capítulo 3: Contextos de crecimiento económico y desarrollo social	50
3.1 Crecimiento de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil	50
3.1 Desarrollo de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil	56
3.1 Contexto de las Capacidades Tecnológicas Nacionales de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil	60
Capítulo 4: El análisis de las brechas y capacidades tecnológicas	69
4.1 Evolución del nuevo conocimiento por campo tecnológico	69
4.1.1 Análisis por subcampos tecnológicos.....	75
4.2 Evolución de las capacidades tecnológicas nacionales	90
4.2.1 Recursos disponibles para la conformación de CTN	90
4.2.2 Esfuerzos realizados para la conformación de CTN	97
4.2.3 Conocimiento disponible para la conformación de CTN.....	100
4.3 Evolución de las capacidades tecnológicas nacionales y la brecha tecnológica	104
4.3.1 Brecha tecnológica	107
Capítulo 5: Conclusiones	116
5.1 Recomendaciones de Política.....	122
Bibliografía:	126
Anexos	133

Resumen

Este estudio examina la evolución de las capacidades tecnológicas nacionales, la composición de la creación de nuevo conocimiento técnico por campo tecnológico y las brechas tecnológicas que existen entre los países desarrollados y de América Latina. Se utiliza la metodología de Hall Jaffe & Trajtenberg (2001) para identificar los campos tecnológicos en los que especializan su producción de conocimiento tecnológico las naciones estudiadas y la metodología Sharma et al. (2021) para calcular la evolución de las capacidades tecnológicas nacionales de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil y las brechas tecnológicas que existen entre ellos. A partir de estas metodologías, se encontró en el estudio que los países analizados han progresado en el desarrollo de capacidades tecnológicas nacionales y en los cuatro países existe una tendencia creciente en la producción de conocimiento tecnológico en el sector tecnológicamente moderno. Existe una reducción de la brecha tecnológica en el periodo analizado, las capacidades tecnológicas de Alemania, país que inicia el periodo como líder, crecen menos aceleradamente que las capacidades tecnológicas de Corea del Sur, México y Brasil. Además, la investigación identifica como una de las principales limitantes en el desarrollo de capacidades tecnológicas nacionales de los países de América Latina la dificultad de incorporar personas altamente calificadas a la producción de conocimiento tecnológico.

Palabras clave:

Brechas tecnológicas, capacidades tecnológicas, campos tecnológicos.

Abstract

This study examines the evolution of national technological capabilities, the composition of the creation of new technical knowledge by technological fields and the technological gaps that exist between Germany, South Korea, Mexico and Brazil. The methodology of Hall Jaffe & Trajtenberg (2001) is used to identify the technological fields in which the nations specialize their production of technological knowledge and the Sharma's et al. (2021) methodology is used to calculate the evolution of the national technological capabilities of Germany, South Korea, Mexico and Brazil and the technological gaps that exist between them. Based on these methodologies, The study found that the countries analyzed have advanced in the development of national technological capabilities and there is a growing trend in the production of technological knowledge in the technologically modern sector. The study shows a reduction in the technological gap in the analyzed period, the technological capacities of Germany, the country that began the period as leader, grew at a slower speed than the technological capacities of South Korea, Mexico and Brazil. Furthermore, the research identifies as one of the main limitations in the development of national technological capabilities of Latin American countries the difficulty of incorporating highly qualified people to the production of technological knowledge.

Protocolo

Título: Brechas tecnológicas entre países desarrollados y América Latina.

Introducción

En la actualidad el mundo está inmerso en una economía del conocimiento, donde autores como Aboites y Soria (2008), Dominique (2002) y Granstrand (2005) han expuesto que la innovación tecnológica es un factor determinante en el crecimiento económico y el desarrollo del bienestar. La invención y el cambio técnico son las principales fuerzas impulsoras del crecimiento económico (Griliches, 1984). Por tal razón, se puede señalar que el rezago tecnológico de los países en vías de desarrollo está asociado a una baja producción de conocimiento tecnológico.

Planteamiento del problema

Desde el siglo pasado se ha reconocido que la brecha tecnológica entre los países en vías de desarrollo con los desarrollados *“sigue siendo uno de los problemas más intratables y fundamentales que enfrenta la comunidad mundial ... la ola de nuevas tecnologías que se está extendiendo por los países industrializados más ricos del área de la OCDE es simplemente un agravamiento de este problema”* (Freeman, 1989; p 85). Este problema de la presencia, e incluso ampliación, de la brecha tecnológica dificultará a los países en desarrollo afrontar sus problemas de endeudamiento, desequilibrios comerciales, acumulación de capital, pobreza y atraso (Freeman, 1989; Geronikolaou & Mourmouris, 2015; Sharma et al., 2021). El análisis de las brechas tecnológicas desde la perspectiva de campos tecnológicos es relevante porque la innovación puede facilitar u obstaculizar la entrada de las empresas de las naciones según el campo tecnológico de su sector industrial que define las propiedades modales de los procesos de aprendizaje, las fuentes de conocimiento y la naturaleza de las bases de conocimiento (Nelson y Winter, 1982).

Pregunta general:

¿Cómo ha evolucionado la composición por campo tecnológico y cuál es la magnitud de la brecha tecnológica de Brasil y México respecto a la capacidad tecnológica de Alemania y Corea del Sur, entre 2000 y 2018?

Preguntas específicas:

- ¿Cuál ha sido la evolución de la composición de la producción de conocimiento tecnológico en Alemania, Brasil, Corea del Sur y México del 2000 al 2014?
- ¿Cómo han evolucionado las capacidades tecnológicas del 2000 al 2018 entre estos países?
- ¿Cuál es la magnitud de la brecha tecnológica que existe entre los países de América Latina y los desarrollados?

Justificación

Actualmente las naciones desarrolladas presentan altos niveles de patentamiento en oficinas extranjeras, como lo es el registro de solicitudes de patentes y patentes concedidas. Aunque también las naciones de América Latina han obtenido avances en su patentamiento, las naciones desarrolladas logran un nivel de patentes concedidas en USPTO 100 veces mayor aproximadamente (USPTO, 2022). Además, se aprecia un rezago de los países de América Latina en indicadores referidos al crecimiento como el Producto Interno Bruto y desarrollo como la esperanza de vida y el Índice de GINI (Banco Mundial, 2022).

Objetivos generales y específicos

Objetivo general:

Analizar la evolución de la composición por campos tecnológicos, las capacidades y la brecha tecnológica entre los países desarrollados y de América Latina.

Objetivos específicos:

- Comparar la evolución y composición de la creación de nuevo conocimiento técnico por campo tecnológico de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil del 2000 al 2014.
- Identificar los índices de capacidades tecnológicas nacionales que son determinantes en el tamaño de la brecha tecnológica en los países seleccionados.
- Calcular la brecha tecnológica entre los países desarrollados y de América Latina del 2000 al 2018.

Marco Conceptual

El trabajo espera desarrollar principalmente tres categorías conceptuales.

Economía del conocimiento: Se reconoce al conocimiento como el motor del crecimiento económico, la competitividad y el desarrollo a largo plazo, fundamentándose en la creación, difusión y uso del conocimiento para el desempeño económico (OCDE, 1996). Las naciones están contemplando la emergencia de nuevos paradigmas para la innovación, y el avance del conocimiento en relación con la producción económica. En este contexto es importante desarrollar capacidades tecnológicas a nivel nacional que permitan apropiarse de los rendimientos crecientes del conocimiento, el aprendizaje y la innovación. Por lo tanto, el nuevo conocimiento tecnológico, en forma de innovación, es el elemento esencial en el progreso técnico y competencia entre empresas y naciones, su importancia radica en la riqueza que genera y los cambios de calidad de vida que provoca (Granstrand, 2005).

Brechas tecnológicas: En los últimos años Geronikolaou & Mourmouris (2015) y Sharma et al. (2021) han definido a la brecha tecnológica como la diferencia en las capacidades tecnológicas entre las naciones que definen el progreso tecnológico. Se utilizará este último enfoque para conceptualizar las brechas tecnológicas debido a que la productividad que se analizó hasta este momento por los estudiosos de brechas tecnológicas fue la productividad general de la economía en su producción de bienes y servicios en su conjunto. Pero, de acuerdo con los objetivos particulares de esta investigación, la productividad a la que nos referiremos será a la productividad generada a partir del nuevo conocimiento tecnológico.

Capacidades tecnológicas nacionales: Las capacidades tecnológicas nacionales son el conjunto de las diversas fuentes de conocimiento tecnológico que evoluciona en el tiempo a partir de los esfuerzos de inversión y dotación de recursos en capital humano, infraestructura tecnológica y actividad de innovación (Archibugui & Coco, 2004; Castellacci, 2011; Sharma, et. al, 2021). Estas capacidades permiten la creación eficiente de nuevo conocimiento tecnológico y la absorción del conocimiento generado por otros países, con la intención de lograr un crecimiento productivo y desarrollo del bienestar en el conjunto de la economía.

Cronograma de actividades

Impacto Científico

El impacto científico del proyecto se enfoca en lo siguiente:

- i. Se realiza una revisión de la literatura sobre la economía del conocimiento, las brechas y las capacidades tecnológicas nacionales.
- ii. A partir de los estudios de Aboites & Soria (2008), Archibugui & Coco (2004), Lugones (2007), Castellacci (2011) y Sharma (2021) se propone un Índice de capacidades tecnológicas nacionales.
- iii. Se identifica el problema de pérdida de información en las clasificaciones Current Class Classification (CCL) en las patentes concedidas de USPTO a partir del año 2015.
- iv. A través de la metodología de Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) se identifican los sectores, campos y subcampos tecnológicos en los que se especializan las patentes de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México del 2000 al 2014. Además, se percibió una desactualización de esta metodología, ya que no contempla las clases tecnológicas emergentes.
- v. El estudio presenta un análisis de brechas tecnológicas que presenta la evolución de las capacidades tecnológicas nacionales de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México del 2000 al 2018, evidenciando como uno de los mayores problemas de los países de América Latina la dificultad de incorporar personas altamente calificadas a la producción de conocimiento tecnológico.

Impacto Social

La investigación ofrece una perspectiva de las brechas que existen entre los países desarrollados y de América Latina desde el enfoque de capacidades tecnológicas nacionales que son uno de los factores explicativos de las distancias en crecimiento y desarrollo. Esto permite reflexionar sobre las políticas de Ciencia Tecnología e Innovación (CTI) y su orientación hacia la formación de las capacidades tecnológicas de México, enfatizando en la construcción de infraestructura tecnológica, la formación de personas altamente calificadas y su vinculación a la producción de conocimiento científico y tecnológico.

Aportaciones a la solución de problemas prioritarios

Uno de los problemas prioritarios hacia los que contribuye esta investigación es al referido por el Programa Nacional Estratégico de Educación. En el estudio se identifica que uno de los problemas principales en los países de América Latina como México, es efectuar esfuerzos efectivos en la educación y formación de personas altamente calificadas que logren incorporarse a actividades de producción de conocimiento, por lo que es necesario realizar recomendaciones de política que permitan:

- i. Procurar una sinergia entre las políticas de ciencia, tecnología e innovación con políticas de educación.
- ii. Desarrollar programas de capacitación y alianzas público-privadas en las que desarrollen colaboraciones de I+D.
- iii. Fomentar el desarrollo, la inserción y la movilidad de las personas altamente calificadas al sector productivo.
- iv. Facilitar la inserción de posgraduados en centros de investigación vinculados a la industria y a la academia.

Estrategias para el acceso universal del conocimiento

Entre las estrategias para fomentar el acceso universal del conocimiento, es necesario fomentar la producción y divulgación científica. Así como, mejorar la eficacia del sistema de derechos de propiedad intelectual, dirigido por el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual, para incentivar la producción de nuevo conocimiento tecnológico y fortalecer su misión de difusión de conocimiento, mediante un fácil acceso a sus servicios y patentes.

Para mejorar la tasa de acceso al nuevo conocimiento, se necesita realizar esfuerzos en infraestructura tecnológica, intentando aumentar penetración de internet en México y realizar mayores esfuerzos en educación, con la intención de aumentar el acceso al conocimiento y dotar a las personas con las capacidades suficientes para recibir, entender, reflexionar y utilizar el nuevo conocimiento científico y tecnológico.

Lista de Tablas y Gráficas

<i>Tabla 1.1. Resumen de índices de capacidades tecnológicas</i>	27
<i>Tabla 2.1: Operacionalización de indicadores que conforman el índice de capacidades tecnológicas nacionales</i>	33
<i>Gráfica 2.2: Solicitudes de patentes en la oficina de China</i>	36
<i>Gráfica 2.3: Solicitudes de patentes en USPTO</i>	36
<i>Tabla 2.4: Diseño de base de datos de patentes por clasificación tecnológica de USPTO</i> .	38
<i>Tabla 2.5: Diseño de base de datos de indicadores del banco mundial</i>	38
<i>Tabla 2.6: Sector tecnológicamente tradicional</i>	40
<i>Tabla 2.7: Sector tecnológicamente moderno</i>	41
<i>Tabla 2.8: Número total de patentes en comparación de las clasificadas en 001</i>	42
<i>Gráfica 3.1: PIB per cápita de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil</i>	51
<i>Gráfica 3.2: Tasa media de crecimiento del PIB per cápita 2000-2018</i>	52
<i>Gráfica 3.3: Solicitudes de patentes y PIB per cápita de Alemania</i>	53
<i>Gráfica 3.4: Solicitudes de patentes y PIB per cápita de Corea del Sur</i>	54
<i>Gráfica 3.5: Solicitudes de patentes y PIB per cápita de México</i>	54
<i>Gráfica 3.6: Solicitudes de patentes y PIB per cápita de Brasil</i>	55
<i>Gráfica 3.7: Esperanza de vida en Alemania, Corea del Sur, México y Brasil</i>	57
<i>Gráfica 3.8: Coeficiente de GINI en Alemania, Corea del Sur, México y Brasil</i>	58
<i>Gráfica 3.9: Índice global de innovación en Alemania, Corea del Sur, México y Brasil</i>	60
<i>Gráfica 3.10: Índice global de competitividad en Alemania, Corea del Sur, México y Brasil</i>	63
<i>Gráfica 3.11: Desempeño en los subíndices que conforman el índice de competitividad global en el año 2018</i>	64
<i>Tabla 4.1: Patentes concedidas en USPTO a titulares de Alemania por campo tecnológico, 2000-2014</i>	70
<i>Tabla 4.2: Patentes concedidas en USPTO a titulares de Corea del Sur por campo tecnológico, 2000-2014</i>	71
<i>Tabla 4.3: Patentes concedidas en USPTO a titulares de Brasil por campo tecnológico, 2000-2014</i>	72
<i>Tabla 4.4: Patentes concedidas en USPTO a titulares de México por campo tecnológico, 2000-2014</i>	74
<i>Tabla 4.5: Los 10 principales subcampos tecnológicos de Alemania, 2000 y 2014</i>	76

<i>Gráfica 4.6: Los siete subcampos con mayor producción de patentes en Alemania del 2000 al 2014.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 4.7: Los 10 principales subcampos tecnológicos de Corea del Sur, 2000 y 2014</i>	<i>78</i>
<i>Gráfica 4.8: Los siete subcampos con mayor producción de patentes en Corea del Sur del 2000 al 2014.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 4.9: Los 10 principales subcampos tecnológicos de Brasil, 2000-2014</i>	<i>79</i>
<i>Gráfica 4.10: Los siete subcampos con mayor producción de patentes en Brasil del 2000 al 2014.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 4.11: Los 10 principales subcampos tecnológicos de México, 2000-2014</i>	<i>81</i>
<i>Gráfica 4.12: Los siete subcampos con mayor producción de patentes en México del 2000 al 2014.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 4.13: Participación en las clases tecnológicas emergentes no clasificadas por Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) de Alemania del 2000 al 2014.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 4.14: Participación en las clases tecnológicas emergentes no clasificadas por Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) de Corea del Sur del 2000 al 2014.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 4.15: Participación en las clases tecnológicas emergentes no clasificadas por Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) de América Latina del 2000 al 2014</i>	<i>87</i>
<i>Gráfica 4.16: Matrícula universitaria de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México</i>	<i>91</i>
<i>Gráfica 4.17: Proporción de matriculados en educación universitaria respecto a las personas en edad de estudiar de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil del 2000 al 2018.....</i>	<i>92</i>
<i>Gráfica 4.18: Personal de I+D de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México.....</i>	<i>93</i>
<i>Gráfica 4.19: Acceso a la electricidad de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México.....</i>	<i>95</i>
<i>Gráfica 4.20: Acceso a Internet de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México</i>	<i>96</i>
<i>Gráfica 4.21: Gasto en I+D de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México.....</i>	<i>98</i>
<i>Gráfica 4.22: Gasto en educación de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México</i>	<i>99</i>
<i>Gráfica 4.23: Patentes concedidas de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México</i>	<i>101</i>
<i>Gráfica 4.24: Artículos publicados de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México.....</i>	<i>102</i>
<i>Gráfica 4.25: Evolución de capacidades tecnológicas de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México del 2000 al 2018.....</i>	<i>104</i>
<i>Gráfica 4.26: Brecha tecnológica de América Latina respecto a Alemania</i>	<i>108</i>
<i>Gráfica 4.27: Brecha tecnológica de América Latina respecto a Corea del Sur.....</i>	<i>109</i>
<i>Gráfica 4.28: Brecha tecnológica de Corea del Sur respecto a Alemania.....</i>	<i>111</i>
<i>Gráfica 4.29: Brecha tecnológica de México respecto a Brasil.....</i>	<i>112</i>

<i>Tabla 5.1: Patentes concedidas en USPTO por campo tecnológico de Alemania 2000-2014</i>	133
<i>Tabla 5.2: Patentes concedidas en USPTO por campo tecnológico Corea del Sur 2000-2014</i>	133
<i>Tabla 5.3: Patentes concedidas en USPTO por campo tecnológico de Brasil 2000-2014</i>	134
<i>Tabla 5.4: Patentes concedidas en USPTO por campo tecnológico de México 2000-2014</i>	134
<i>Tabla 5.5: Patentes por subcampo tecnológico de Corea del Sur, Alemania, Brasil y México 2000-2014</i>	135
<i>Tabla 5.6: Agentes participantes en la creación de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno de Brasil en el 2000</i>	136
<i>Tabla 5.7: Agentes participantes en la creación de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno de Brasil en el 2014</i>	136
<i>Tabla 5.8: Agentes participantes en la creación de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno de México en el 2000</i>	138
<i>Tabla 5.9: Agentes participantes en la creación de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno de México en el 2014</i>	138
<i>Tabla 5.10: Valores de indicadores de capacidades tecnológicas nacionales de Alemania</i>	139
<i>Tabla 5.11: Valores de indicadores de capacidades tecnológicas nacionales de Corea del Sur</i>	140
<i>Tabla 5.12: Valores de indicadores de capacidades tecnológicas nacionales de México</i>	140
<i>Tabla 5.13: Valores de indicadores de capacidades tecnológicas nacionales de Brasil</i>	141
<i>Tabla 5.14: Cálculo de la primera dimensión de indicadores de CTN</i>	141
<i>Tabla 5.15: Cálculo de la segunda dimensión de indicadores de CTN</i>	142
<i>Tabla 5.16: Cálculo de la tercera dimensión de indicadores de CTN</i>	143
<i>Tabla 5.17: Índice de capacidades tecnológicas nacionales de Corea del Sur, Alemania, Brasil y México</i>	143
<i>Tabla 5.18: Brechas tecnológicas</i>	144

Introducción

En la actualidad el aumento en la creación, acumulación y aprovechamiento del conocimiento ha provocado que los países implementen esfuerzos importantes para incorporarse a la economía del conocimiento, reconociendo al conocimiento como el motor del crecimiento económico, la competitividad y el desarrollo a largo plazo (OCDE, 1996; FLACSO, 2006). Esta economía se basa en la acumulación de capital, la tecnología, las capacidades relacionadas con la tecnología y la ciencia en la realización de la actividad productiva (Unger, 2019). En estas economías autores como Thurow (1999), Dominique (2002), David & Foray (2003), Granstrand (2005) y Aboites & Soria (2008) han expuesto que la innovación tecnológica es un factor determinante en el crecimiento económico y el desarrollo de bienestar de las naciones.

El conocimiento al que se refieren estas economías es al tecnológico. El enfoque de economía del conocimiento se apoya en los fundamentos teóricos de autores como Kaldor & Mirrlees (1961), Romer (1990) y Aghion & Howitt (1992) que destacan en sus modelos de crecimiento endógeno que el progreso tecnológico es el motor principal del crecimiento económico. Por lo tanto, el nuevo conocimiento tecnológico, en forma de innovación, es el elemento esencial en el progreso técnico y competencia entre empresas y naciones, su importancia radica en la riqueza que genera y los cambios en la calidad de vida que provoca (Granstrand, 2005).

El nivel de producción de nuevo conocimiento dependerá de las capacidades tecnológicas de que disponga cada nación. La OCDE (1996) identifica que la producción de nuevo conocimiento se realizará mediante la investigación básica y aplicada de científicos e ingenieros dedicados a actividades de investigación y desarrollo (I+D), mientras que su uso y difusión dependerá de la infraestructura tecnológica disponible. Las capacidades tecnológicas nacionales representan los elementos necesarios para la producción de nuevo conocimiento tecnológico. Diversos autores como Archibugui & Coco (2004), Lugones (2007), Castellacci (2011) y Sharma (2021) identifican que estas capacidades dependen del capital humano y la infraestructura tecnológica disponible; los esfuerzos realizados en I+D y en educación; y el acervo de conocimiento científico y tecnológico del que dispone la nación.

La globalización ha implicado la internacionalización del personal altamente calificado¹ los “países industrializados compiten despiadadamente por la escasa oferta de talento” (Schaaper & Wyckoff, 2006, p:135). Este aspecto es relevante debido a que el personal calificado² es uno de los principales generadores del nuevo conocimiento y del mejoramiento del existente, esta internacionalización repercute en la magnitud de la comunidad científica y de ingeniería de los países que intentan potenciar su capacidad de innovación (Schaaper & Wyckoff, 2006). Además, internacionalmente existe una producción de conocimiento asimétrica, así como asimetrías en su transferencia entre países y empresas, resultado de las diferencias en capacidades tecnológicas que tienen las naciones líderes sobre las demás. Estas asimetrías han perpetuado la existencia e incluso ampliación de las brechas tecnológicas. Las brechas representan las diferencias de capacidades tecnológicas entre las naciones que generan diferencias de desempeño en la productividad y riqueza (Fagerberg & Godinho, 2004; Geronikolaou & Mourmouris, 2015; Sharma et al., 2021). Powell & Snellman (2004) identifican que existe una relación positiva entre la inversión en tecnología para la producción de nuevo conocimiento y el crecimiento de la productividad laboral, por lo tanto, una baja producción de conocimiento provoca rezago tecnológico de los países en vías de desarrollo, creando distancias productivas respecto a los países desarrollados.

Desde el siglo pasado se ha reconocido que la brecha tecnológica entre los países en vías de desarrollo con los desarrollados “sigue siendo uno de los problemas más intratables y fundamentales que enfrenta la comunidad mundial ... la ola de nuevas tecnologías que se está extendiendo por los países industrializados más ricos del área de la OCDE es simplemente un agravamiento de este problema” (Freeman, 1989; p 85). Este problema de la presencia, e incluso ampliación, de la brecha tecnológica dificultará a los países en desarrollo afrontar sus problemas de endeudamiento, desequilibrios comerciales, acumulación de capital, pobreza y atraso (Freeman, 1989; Geronikolaou & Mourmouris, 2015; Sharma et al., 2021).

¹ Un subconjunto representativo de la población altamente calificada lo constituyen aquellos que obtuvieron un doctorado, considerados fundamentales para la producción de conocimiento y la dirección de actividades de investigación (Schaaper & Wyckoff, 2006).

² El capital humano calificado, además participa en el mejoramiento del conocimiento existente, como lo expresa Smith (1979[1776]) y Taylor (1994) que a través de la observación identifican la mejora en los procesos de producción, a través de la división del trabajo y cadenas de producción en serie.

La existencia de las brechas tecnológicas es un problema actual en el que están inmersos los países de América Latina, provocando una difusión de tecnología menos intensa y menor progreso tecnológico (Sharma et al., 2021). Es un problema que no está aislado del contexto institucional y las políticas de CTI, su importancia radica en que el avance tecnológico provoca conflicto y resistencia, estableciendo gradualmente nuevas reglas (Freeman, 1989). Sin embargo, el contexto institucional y las políticas de CTI no serán incorporados en el análisis del estudio, debido a que el análisis se dirige a la brecha y las capacidades tecnológicas nacionales, pero al ser una cuestión relevante puede ser utilizado para un estudio posterior.

En el presente estudio la brecha tecnológica se analizará para el periodo de tiempo del 2000 al 2018 entre los siguientes países: Alemania, Corea del Sur, México y Brasil. Entre los criterios para la selección de países es que permiten un análisis comparativo entre los países desarrollados respecto a los países en vías de desarrollo de América Latina, mientras que la decisión del periodo de tiempo fue determinada por la disponibilidad de los datos. El objetivo general de esta investigación es analizar la evolución de la composición por campos tecnológicos, las capacidades y la brecha tecnológica entre los países desarrollados y de América Latina. El análisis considera los siguientes objetivos específicos:

- Comparar la evolución y composición de la creación de nuevo conocimiento técnico por campo tecnológico de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil del 2000 al 2014³.
- Identificar los índices de capacidades tecnológicas nacionales que son determinantes en el tamaño de la brecha tecnológica en los países seleccionados.
- Calcular la brecha tecnológica entre los países desarrollados y de América Latina del 2000 al 2018.

El análisis de las brechas tecnológicas desde la perspectiva de campos tecnológicos es relevante. La innovación puede facilitar u obstaculizar la entrada de empresas según el campo tecnológico en el que desarrolle conocimiento su sector industrial, porque definen las

³ El periodo de tiempo se limitó al 2014 debido a que, al utilizar la metodología de Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) existe una pérdida de información de las clasificaciones de patentes de la United States Patent and Trademark Office (USPTO) a partir del año 2015.

propiedades de los procesos de aprendizaje, las fuentes de conocimiento y la naturaleza de las bases de conocimiento (Nelson y Winter, 1982). Entonces, es fundamental integrar el análisis de campos tecnológicos al estudio de brechas, para identificar en qué campos se especializan las naciones, debido a que los campos modernos ofrecerán mayor oportunidad para la incorporación competitiva de las empresas de los países con un importante desarrollo de su capacidad tecnológica nacional.

La pregunta guía del estudio es ¿Cómo ha evolucionado la composición por campo tecnológico y cuál es la magnitud de la brecha tecnológica de Brasil y México respecto a la capacidad tecnológica de Alemania y Corea del Sur, entre 2000 y 2018?, para responder la pregunta principal, esta se desglosa en tres preguntas particulares.:

- ¿Cuál ha sido la evolución de la composición de la producción de conocimiento tecnológico en Alemania, Brasil, Corea del Sur y México del 2000 al 2014?
- ¿Cómo han evolucionado las capacidades tecnológicas del 2000 al 2018 entre estos países?
- ¿Cuál es la magnitud de la brecha tecnológica que existe entre los países de América Latina y los desarrollados?

A partir de lo anterior, se establece como hipótesis descriptiva que los países analizados presentarán una evolución hacia la producción de conocimiento tecnológicamente moderno, con una especialización de los países de América Latina en el sector tecnológicamente tradicional. También que en los cuatro países exista una evolución positiva de capacidades tecnológicas nacionales, pero con un nivel de capacidades menor en los países de América Latina, debido a una baja dotación inicial de los recursos base (capital humano calificado e infraestructura tecnológica), así como un esfuerzo insuficiente de inversión en actividades de I+D y la formación de capital humano calificado. Finalmente, que exista una distancia grande de la brecha tecnológica entre los países desarrollados y los países en desarrollo que no ha logrado disminuir a través del tiempo.

Una posible estrategia para estas naciones que pretenden lograr reducir la distancia respecto a los países líderes es apuntar a sectores tecnológicamente progresivos, con la intención de transformar la economía, estimular el aprendizaje y la creación de nuevas habilidades, sin embargo, no todos los países están equipados con las capacidades necesarias para lograrlo

(Fagerberg & Godinho, 2004). Esta estrategia es fundamental en un contexto globalizado en el que la acumulación de conocimiento es la fuente del crecimiento en las economías modernas (Kuznetsov & Dahlman, 2008).

Para responder a las preguntas de investigación se construyó una base de datos de patentes de United States Patent and Trademark Office (USPTO) con las clasificaciones tecnológicas de las patentes y una base de indicadores que conforman las capacidades tecnológicas nacionales de los países analizados con datos del Banco Mundial, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) y USPTO. Se utiliza la metodología de Hall Jaffe & Trajtenberg (2001) para identificar los campos tecnológicos en los que especializan su producción de conocimiento tecnológico las naciones estudiadas. Y la metodología Sharma et al. (2021) para calcular la evolución de las capacidades tecnológicas nacionales de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil y las brechas tecnológicas que existen entre ellos.

La estructura del trabajo está conformada por cuatro capítulos. En el primer capítulo se presenta el marco teórico y conceptual. En la primera sección se describe la economía del conocimiento y las asimetrías que surgen de la creación, uso y difusión de conocimiento para el desarrollo de las naciones. Posteriormente, en la segunda se desarrolla el concepto de brecha tecnológica con un enfoque en las capacidades tecnológicas nacionales y los procesos de *catching up*⁴. Finalmente, en la tercera sección se presenta la evolución conceptual de los índices de capacidades tecnológicas esencial para obtener el cálculo de la brecha tecnológica entre diferentes grupos de países.

El segundo capítulo presenta la metodología utilizada para realizar el análisis empírico. Se presenta el planteamiento del estudio, estableciendo los países, el periodo de tiempo y los indicadores que permitirán el análisis de la brecha y las capacidades tecnológicas nacionales. En la segunda sección se describe la importancia de las patentes como indicador debido a que conforma una parte importante de las capacidades tecnológicas nacionales y vislumbra la evolución por campo tecnológico del nuevo conocimiento tecnológico. Finalmente, en la

⁴ Los procesos de *catch up* se refieren a la capacidad de un país para reducir la brecha en la productividad, los ingresos y la tecnología con respecto a un país líder (Fagerberg & Godinho, 2004).

tercera sección, se presentan las tres fases que constituyen la metodología para la construcción del índice de capacidades tecnológicas nacionales.

En el tercer capítulo se describe el contexto de crecimiento y desarrollo de las naciones desarrolladas y de América Latina. En la primera parte del capítulo se presenta el contexto del crecimiento describiendo sus niveles de producto interno bruto per cápita y su relación con la producción de conocimiento tecnológico codificado en patentes. En la segunda parte se revisan indicadores que se relacionan con el desarrollo. Finalmente, se presentan los índices necesarios para vislumbrar el estado de las capacidades tecnológicas de los países a partir de su contexto.

En el cuarto capítulo se presenta el análisis de los resultados. En la primera parte del capítulo se presentará el análisis de la clasificación de las patentes por campo tecnológico con la metodología de Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001). En la segunda parte se realizará un análisis de la evolución de las capacidades tecnológicas nacionales de cada país, construidas a partir del método de Archibugui & Coco (2004) y Sharma (2021). Finalmente, se presentará un análisis de la brecha tecnológica entre los cuatro países, que permitirá identificar la posición y distancia que existe entre ellos.

En el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones de política para los países de América Latina para desarrollar capacidades tecnológicas nacionales con la intención de reducir la brecha tecnológica. Los principales hallazgos identificados a partir del análisis se enuncian a continuación. Los países desarrollados poseen mayores capacidades tecnológicas nacionales que se reflejan en una mayor proporción de su producción de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno y una mayor incursión en campos emergentes en comparación a los países en desarrollo. También se identifica que existe una reducción de la brecha tecnológica en el periodo analizado, las capacidades tecnológicas de Alemania, país que inicia el periodo como líder, crecen menos aceleradamente que las capacidades tecnológicas de Corea del Sur, México y Brasil. Finalmente, las brechas tecnológicas entre los países desarrollados y de América Latina presentan dos comportamientos distintos, una ampliación en la brecha respecto a Alemania y una ampliación de la brecha respecto a Corea del Sur, país que logra liderazgo tecnológico a partir del año 2011.

Capítulo 1: Brechas tecnológicas en la economía del conocimiento

El marco teórico se configura alrededor del concepto de brechas tecnológicas, por lo que se presenta el estado del arte a partir de la revisión de literatura y las investigaciones sobre el problema. Esta literatura permite explicar que, en los nuevos criterios de crecimiento y desarrollo de las naciones, promovidos por la economía del conocimiento se han generado asimetrías, provocando una ampliación de la brecha tecnológica entre los países desarrollados y países en vías de desarrollo que producen un nivel bajo de capacidades tecnológicas nacionales. Jaumotte et al., (2013) en su estudio identifican que el progreso y cambio tecnológico impacta positivamente en el aumento generalizado de los ingresos de las naciones y a su vez en el aumento de la brecha entre los países desarrollados y en desarrollo. Esta brecha se profundiza por el bajo desarrollo de capital humano de alta calificación y de infraestructura tecnológica, causando una baja capacidad innovadora que impide se logren procesos de *catch up*. El análisis de capacidades tecnológicas permite explorar estas diferencias e identificar las distancias de la brecha tecnológica entre los países desarrollados y los de América Latina.

El capítulo describe conceptualmente a la economía del conocimiento y las asimetrías que surgen de la creación, uso y difusión de conocimiento para el desarrollo de las naciones. Otro aspecto incluye el análisis de la creación del nuevo conocimiento en los diferentes campos tecnológicos. Posteriormente se desarrolla el término de brecha tecnológica, la atención se centra en las capacidades tecnológicas nacionales y los procesos de *catching up*. Finalmente se presentarán algunas metodologías que se han usado para calcular índices tecnológicos que permitirán obtener el cálculo de la brecha tecnológica entre diferentes grupos de países.

1.1 Economía del conocimiento

Para el análisis de las brechas tecnológicas es necesario reconocer el contexto de la economía del conocimiento reconocido por la OCDE desde 1996. En esta sección se describe la importancia del desarrollo de capital humano altamente calificado, redes de distribución de conocimiento y realización de esfuerzos en I+D para el crecimiento y desarrollo de las naciones. El centro de la discusión serán las asimetrías que se han generado en el contexto de las economías del conocimiento que han afectado en el comportamiento y distancia de las

brechas tecnológicas. Se presentan los argumentos teóricos sobre las diferencias de creación de conocimiento en los diferentes campos tecnológicos, a través de los regímenes tecnológicos⁵ que proveen una especialización tecnológica particular a cada país. Finalmente, se presentan las diferencias entre los países que ha permitido clasificarlos en diferentes grupos, cuestión importante para el análisis de las brechas tecnológicas.

El aumento en la creación, acumulación y aprovechamiento del conocimiento ha provocado que los países se dirijan al paradigma de la economía del conocimiento (FLACSO, 2006). En la actualidad las economías reconocen al conocimiento como el motor del crecimiento económico, la competitividad y el desarrollo a largo plazo, fundamentándose en la creación, difusión y uso del conocimiento para el desempeño económico (OCDE, 1996). Las naciones están contemplando la emergencia de nuevos paradigmas para la innovación, y el avance del conocimiento en relación con la producción económica. En este contexto es importante desarrollar capacidades tecnológicas a nivel nacional que permitan apropiarse de los rendimientos crecientes del conocimiento, el aprendizaje y la innovación. Por lo tanto, el nuevo conocimiento tecnológico, en forma de innovación, es el elemento esencial en el progreso técnico y competencia entre empresas y naciones, su importancia radica en la riqueza que genera y los cambios de calidad de vida que provoca (Granstrand, 2005).

Las economías identifican que los sectores más dinámicos serán aquellos intensivos en conocimiento y alta tecnología. La OCDE (1996) identifica que para lograr el crecimiento y desarrollo, es necesario que las naciones se incorporen a los sectores dinámicos a través de: a) mejoramiento del capital humano: los constantes cambios tecnológicos han provocado que sean más valiosos los trabajadores altamente calificados, debido a que sus habilidades y capacidad de aprendizaje proporcionan las condiciones para adaptarse al cambio organizacional provocado por la innovación; b) producción de nuevo conocimiento: se realizará mediante la investigación básica y aplicada de científicos e ingenieros que han sido y serán educados por sus sistemas educativos, así que para lograrlo será necesario combinar el papel esencial de la investigación y la educación; y c) redes para la distribución del conocimiento: se codifica y transmite cada vez más a través de redes informáticas y de

⁵ Los regímenes tecnológicos se refieren al entorno tecnológico en el que se desarrollan actividades de innovación y se lleva a cabo el aprendizaje dentro de cada sector de la economía (Castellacci, 2007).

comunicaciones, es importante porque la innovación está impulsada por la interacción del conocimiento codificado y tácito.

El conocimiento es un elemento importante en el comercio internacional, resaltando que el nuevo conocimiento es creado a través del conocimiento acumulado que pueda ser encontrado en forma de información mediante la codificación y esfuerzos destinados a I+D, infraestructura y capital humano. En el ámbito internacional existe una producción de conocimiento asimétrica, en particular el conocimiento codificado en patentes⁶, cuestión ejemplificada por el estudio Scotchmer (2004) donde demuestra una concentración de la producción de nuevo conocimiento técnico con potencial de innovación que se encuentra en Estados Unidos y Europa, es decir, está concentrada en un reducido conjunto de países industrializados. En la teoría estructural de la CEPAL centro-periferia⁷ existen asimetrías entre los países desarrollados (centro) y los países en desarrollo (periferia) en el crecimiento de su productividad generado por el progreso técnico (Di Filippo, 1998). La asimetría anterior se sustenta principalmente en la incapacidad de los países en desarrollo de generar e incorporar el progreso técnico a su sistema productivo, cuestión que se atribuye a sus bajos niveles de calificación del capital humano (Gabay, 2004).

Desde la perspectiva de economías del conocimiento esta asimetría es resultado de las capacidades tecnológicas que tienen estas naciones líderes sobre las demás, por lo que la transferencia de conocimiento tecnológico se convierte en un factor decisivo en un contexto globalizado para el desarrollo de capacidades tecnológicas (Aboites & Soria, 2008). Existirán naciones que tendrán un *path dependence*⁸ favorable debido a que desarrollaron más sus capacidades tecnológicas a lo largo de la historia, obteniendo mejores resultados en el contexto actual de las economías del conocimiento. Dominique (2002) postula que un reto

⁶ La WIPO (2020) define a las patentes como “*el conjunto de derechos exclusivos concedidos por ley a los solicitantes con respecto a invenciones que son novedosas, no evidentes y susceptibles de aplicación comercial*” (WIPO, 2020, p. 51).

⁷ La teoría centro-periferia de CEPAL analiza la distribución de incrementos de productividad generada por el progreso técnico entre el centro: países generadores y propagadores de progreso técnico y rectores de la especialización productiva mundial y la periferia: países dependientes del centro en cuanto a absorción tecnológica y posicionamiento productivo internacional (Di Filippo, 1998).

⁸ El conocimiento y desarrollo de capacidades se conforman a través de su dependencia de trayectoria, referida a que su desarrollo dependerá del momento en el que iniciaron los esfuerzos para su desarrollo, debido a que se adaptan a la experiencia de forma incremental en respuesta a la retroalimentación sobre los resultados del pasado (Becker, 2003).

relevante al que se enfrentan las naciones inmersas en economías del conocimiento es el desarrollo desigual entre sectores tecnológicos. Se destaca que la creación del conocimiento es acelerada en aquellos sectores donde las interrelaciones de la ciencia y la tecnología son en especial estrechas e intensas.

No solo existen asimetrías en la generación de nuevo conocimiento, también existen en la asimilación de los flujos de conocimiento externo. Entonces, las capacidades tecnológicas cumplen una función dual, si no son productores de nuevo conocimiento tecnológico, las capacidades tecnológicas serán un mecanismo de asimilación que dependiendo de sus fortalezas (capital humano, infraestructura tecnológica y tamaño de su riqueza) podrán crear las condiciones para convertirse en productores del nuevo conocimiento (Aboites & Soria, 2008). En los países desarrollados los procesos de creación y asimilación de conocimiento son dinámicos por los niveles altos de capital humano calificado, redes para la distribución y uso del conocimiento y la infraestructura tecnológica que poseen.

Dentro de la literatura relacionada con la creación de nuevo conocimiento tecnológico, el manual de la OCDE (2009) ofrece una visión de las patentes como indicador estadístico de ciencia y tecnología, que fomenta la invención y el progreso técnico a través de un plazo temporal de exclusividad sobre la invención a cambio de su divulgación, por lo que, al patentar las empresas requieren ser conscientes del valor potencial⁹ de su patente. El conocimiento es un bien económico parcialmente no rival porque múltiples agentes lo pueden utilizar simultáneamente, y no excluyente, aunque los dueños del conocimiento recurren a mecanismos institucionales como los derechos de propiedad intelectual a través de patentes para crear artificialmente capacidad de exclusión del conocimiento tecnológico (Aboites & Soria, 2008). El conocimiento tecnológico al que se refieren las patentes es al codificado definido como el conocimiento objetivo y racional que puede ser transmitido formalmente a otras personas (Montuschi, 2001).

⁹ El valor esperado de una patente es igual a la probabilidad de que se otorgue, multiplicada por el valor económico esperado de los derechos asociados con el artículo o idea patentados, menos los efectos potencialmente negativos que surgen de su divulgación y las capacidades de absorción de las otras empresas (Griliches, 1989).

La codificación en patentes para obtener derechos de propiedad intelectual provee un monopolio temporal de la explotación industrial del nuevo conocimiento con la finalidad de garantizar la apropiación de beneficios económicos derivados de la comercialización del nuevo conocimiento recompensando el esfuerzo inventivo (Aboites & Soria, 2008). Sin embargo, las patentes también benefician a los intereses de los demás agentes productivos de las naciones incentivando la difusión del conocimiento como potencial insumo para la generación de nuevo conocimiento tecnológico que repercute en el crecimiento y desarrollo económico (Landes & Posner, 2003; Aboites & Soria, 2008). Estos agentes necesitan un conocimiento base sustancial para reconstituir la información codificada por las patentes y convertirla en conocimiento tecnológico útil, así que las inversiones en la codificación del conocimiento y en la producción de nuevo conocimiento es una actividad económica importante (Steinmueller, 2017).

Las patentes miden la actividad inventiva de las empresas de cada nación y permite identificar diferencias de producción de nuevo conocimiento tecnológico entre los países. Al medir la actividad inventiva, es decir, de creación de nuevo conocimiento tecnológico se considera como un indicador cuantitativo directo del proceso de innovación (Griliches, 1984). El total de patentes por campo tecnológico puede expresar una medida de los cambios en la tecnología y de cambios en la frontera de posibilidades de producción de nuevo conocimiento tecnológico (Freeman, 1979). A partir de lo anterior se manifiesta la relevancia de la creación del nuevo conocimiento técnico por campo tecnológico, medido a través de las patentes.

Entre las ventajas de utilizar patentes como indicador de conocimiento tecnológico se encuentran las siguientes (Griliches, 1984; Aboites & Soria, 2008; Park Lee, 2006): 1) son resultado del proceso inventivo con un potencial impacto comercial, 2) captura a nivel macro la dimensión competitiva del cambio tecnológico, 3) las patentes se desglosan por campo tecnológico y 4) las patentes están disponibles en series de tiempo largas. Sin embargo, también poseen desventajas, identificadas por Park & Lee (2006): 1) no todo el nuevo conocimiento tecnológico es patentable, 2) las empresas poseen razones estratégicas para no patentar, 3) existen diversas propensiones a patentar entre las empresas e industrias y 4) cada oficina de patentes posee sus propias características institucionales para patentar.

Estas limitaciones son relevantes, pero no afectan la utilización de las patentes para los objetivos de este estudio. Además, son limitaciones que se pueden resolver parcialmente: 1) las diferencias en las actividades de patentamiento entre los campos y sectores tecnológicos es igualmente aplicable a todas las naciones, por lo que se puede comparar la generación de nuevo conocimiento tecnológico por campo tecnológico; y 2) las oficinas de patentes por lo general no son comparables, por lo que es necesario utilizar datos de patentes de una sola oficina de patentes.

La competencia por la creación de nuevo conocimiento ha dinamizado el ritmo tecnológico, causando que la innovación sea más importante en las industrias que conforman a las naciones, así como sus esfuerzos para conformar capacidades tecnológicas que serán determinantes para su crecimiento y desarrollo (Revilla & Fernández, 2012). Las naciones mejoran sus capacidades a lo largo del tiempo. Las condiciones de acumulación difieren persistentemente entre industrias, lo que afecta la intensidad y dirección del cambio tecnológico en cada sector de la economía (Castellacci, 2007). Estas diferencias pueden explicarse por los regímenes tecnológicos particulares de las naciones y que determinan la creación del nuevo conocimiento tecnológico.

El régimen tecnológico es el entorno tecnológico en el que se desarrollan actividades de innovación y se lleva a cabo el aprendizaje dentro de cada sector de la economía (Castellacci, 2007). Estos regímenes explican la actividad de creación de nuevo conocimiento tecnológico entre los diversos sectores y campos tecnológicos (Malerba & Orsenigo, 2000). Entonces, *“los regímenes de altas oportunidades se caracterizan por el dinamismo tecnológico, las innovaciones frecuentes y el rápido cambio tecnológico”* (Revilla & Fernández, 2012; p. 611). Por lo tanto, los regímenes tecnológicos definen la naturaleza de la tecnología, es decir, el entorno de conocimiento particular en el que se genera el nuevo conocimiento. Estos regímenes incentivan y si no son apropiados limitan la creación de nuevo conocimiento tecnológico en las diversas industrias en las que están establecidos.

Los regímenes tecnológicos definen el entorno y desempeño productivo del nuevo conocimiento. Las diferencias de creación de nuevos conocimientos tecnológicos entre los diversos campos tecnológico están determinadas por las condiciones del conocimiento, identificados por Marsili (2002), Park & Lee (2006), Castellacci (2007) y Revilla &

Fernández (2012): (1) oportunidades tecnológicas: es la probabilidad de innovar con cierto nivel de capacidades y esfuerzo; (2) fuentes externas de oportunidad: se refiere al conocimiento tecnológico que surge en otros sectores, puede ser explotado al colaborar e interactuar con actores dentro del sistema, así que depende de su intensidad de interacción y su propensión a colaborar en su sistema nacional de innovación.; (3) especificidad: se refiere a que los nuevos conocimientos se puedan aplicar a una variedad de productos y procesos de producción; (4) complejidad: la cantidad de información necesaria para distinguir un determinado conocimiento de las posibles alternativas; y (5) acumulabilidad: la probabilidad de generar nuevos conocimientos en un determinado campo se ve reforzada por las competencias tecnológicas ya adquiridas y el conocimiento previamente creado.

Los campos tecnológicos funcionan como barreras de entrada tecnológica ya que la naturaleza del conocimiento de una determinada tecnología influye en las nuevas oportunidades de innovación que se acumulan para las empresas/ naciones (Masrsili, 2002; Park & Lee, 2006). Las industrias dirigidas a tecnologías maduras y con baja flexibilidad a cambios, como los campos tecnológicos tradicionales, desarrollaran más lentamente nuevo conocimiento, limitando la capacidad innovadora. Al contrario, en los sectores modernos y emergentes, los niveles de oportunidad tecnológica suelen ser altos en sectores tecnológicamente avanzados. Los campos tecnológicos en industrias emergentes sirven como una ventana de oportunidad para los países en proceso de *catch up* (Park y Lee, 2006). Sin embargo, no es sencillo identificar las tecnologías que tendrán éxito, provocando que se dirijan esfuerzos al desarrollo de conocimiento y capacidades hacia tecnologías con bajo potencial de crecimiento.

Las economías en desarrollo poseen dificultades en la producción de nuevo conocimiento tecnológico en campos caracterizados por una alta acumulabilidad, debido a que no han generado el conocimiento y las capacidades necesarias para lograr el éxito en estos campos (Park & Lee, 2006). Estos países en desarrollo ingresan a nuevos campos tecnológicos por las siguientes razones (Park & Lee, 2006): (1) no por elección, sino por necesidad histórica; (2) nivel bajo de recursos: carecen de tecnología, acceso al mercado y capacidades; (3) intención estratégica: pretenden lograr un proceso exitoso de *catch up*; y (4) posición

competitiva: regularmente poseen costos bajos en ciertas industrias con baja acumulabilidad del conocimiento.

Los campos tecnológicos poseen propiedades institucionales que forman el nexo para organizar la producción, el uso y la aplicación de la tecnología (Gustafsson, 2010). Son campos con distintas propiedades y dinámicas que surgen de las propiedades de la tecnología y el conocimiento (Gustafsson, 2010). Los campos tecnológicos se refieren a un sistema de clasificación para las tecnologías a las que pertenecen las invenciones patentadas (Hall, Jaffe & Trajtenberg, 2001). Las expectativas de los actores dentro de un campo tecnológico serán moldeadas por los resultados de la investigación, los hallazgos en otros campos tecnológicos, la comercialización exitosa y las fuerzas externas (Van Merker & Robinson, 2006). Así que dentro de una nación las nuevas tecnologías con altas expectativas generarán la creación de nuevas empresas. Además, estos campos se constituyen como barreras de entrada tecnológica ya que la naturaleza del conocimiento de una determinada tecnología influye en las nuevas oportunidades de innovación que se acumulan para las empresas de las naciones.

Los campos tecnológicamente modernos integran nuevo conocimiento, caracterizado por un importante dinamismo tecnológico con cambio acelerado e innovaciones frecuentes a nivel internacional (Marsili, 2002). En el sector moderno se requieren empresas flexibles que sean capaces de reaccionar con éxito a los cambios externos del progreso tecnológico, a través de su capacidad de absorción, es decir, su capacidad para asimilar tecnologías generadas externamente (Cohen y Levinthal, 1990). En estos campos la probabilidad de generar una innovación radical es más alta, esto genera discontinuidades tecnológicas, creando nuevas tecnologías y provocando la obsolescencia del conocimiento en otras tecnologías (Revilla & Fernández, 2012). Por lo tanto, en este sector los mercados poseen una mayor especialización de conocimiento que representa mayor valor y complejidad. No se pretende desarrollar conceptualmente los campos tecnológicos, pero serán una guía importante para el análisis de las asimetrías entre las economías del conocimiento, para identificar la naturaleza del nuevo conocimiento del conjunto de países a estudiar.

Las diversas naciones poseen una especialización tecnológica internacional en el desempeño de una tecnología específica con relación a su desempeño tecnológico internacional general (Malerba & Montobbio, 2003). La especialización representa las ventajas competitivas

relativas, incluso en una situación en la que una nación tenga ventajas absolutas en la creación de nuevo conocimiento en todos los campos tecnológicos, tendrá ventajas relativas en algunos campos con relación a otros. La especialización tecnológica depende de la estructura específica de actividades innovadoras, que a su vez depende directamente de los esfuerzos para la innovación como el gasto en I+D, sus capacidades tecnológicas, el momento en el que se incursionó en la trayectoria tecnología y la acumulación de conocimientos que posee (Malerba & Montobbio, 2003). La estructura puede estar compuesta por grandes innovadores que aportan dinamismo y variedad a la tecnología. Sin embargo, la estructura más apropiada de actividad innovadora puede diferir entre los sectores de la economía. Este conjunto de determinantes de las estructuras de especialización tecnológica, al desarrollarse adecuadamente, causarían ventajas competitivas en las naciones, lo que generará existan asimetrías en la producción de nuevo conocimiento tecnológico en los diversos campos tecnológicos.

A partir de lo anterior, se identifica que las capacidades tecnológicas, la infraestructura tecnológica y el capital humano son factores determinantes en las asimetrías entre los países. Abramovitz (1986) identifica tres conjuntos de países distintos establecidos como: (1) Líderes o que van adelante del conjunto (*forging ahead*): representan a países tecnológicamente avanzados con capacidades tecnológicas nacionales avanzadas; (2) Los que van al final (*falling behind*): referido a países tecnológicamente atrasados con un nivel de capacidades tecnológicas nacionales limitado y (3) Los que van alcanzando a los líderes (*catching up*): son países que en algún punto de su trayectoria se encontraban tecnológicamente atrasados pero con un nivel elevado de capacidades tecnológicas nacionales que les provee el potencial a los países para un crecimiento acelerado.

Al igual que en el estudio anterior Archibugui & Coco (2004) a partir de las diferencias que identifican entre las capacidades tecnológicas de los países proponen una taxonomía que agrupa a los países en los siguientes cuatro grupos: (1) Países líderes: las capacidades tecnológicas de estos países están centradas en la producción de tecnología y sus niveles de infraestructura tecnológica y capital humano son sobresalientes; (2) países líderes potenciales: centran su desarrollo en la creación de infraestructura tecnológica y capital humano, mientras que su capacidad de producción de tecnología es reducida; (3) países

rezagados: han desarrollado cierta infraestructura tecnológica, pero su capital humano no ha crecido significativamente y su producción de tecnología es baja; y (4) países marginales: son economías sin capacidad de producir conocimiento tecnológico y sus posibilidades para desarrollar capital humano e infraestructura tecnológica son extremadamente limitadas. En síntesis, refleja una tipología que permite diferenciar la posición de los países en el desarrollo tecnológico y su participación potencial en las economías del conocimiento, cuestiones relevantes para la introducción al análisis de brechas tecnológicas.

En la economía del conocimiento el nuevo conocimiento tecnológico con su potencial de innovación es un elemento esencial para lograr el crecimiento y desarrollo en los países. La creación del nuevo conocimiento tecnológico dependerá del nivel de las capacidades tecnológicas, la infraestructura tecnológica y el capital humano, particular de cada país. La diferencia de los determinantes en un contexto de competencia por lograr la creación de conocimiento tecnológico provoca asimetrías entre las naciones. Los países desarrollados al poseer altos niveles de capacidades tecnológicas tienen procesos dinámicos de creación de conocimiento. En cambio, las economías en desarrollo tienen dificultades en el desarrollo de nuevo conocimiento tecnológico en campos caracterizados por una alta acumulabilidad, debido a que no han desarrollado el conocimiento y las capacidades necesarias para lograr el éxito en estos campos. Por lo tanto, para lograr procesos de *catch up* bajo los criterios de crecimiento y desarrollo de la economía del conocimiento es necesario que los países en desarrollo exploren campos tecnológicos nuevos pertenecientes al sector tecnológico moderno, con altas oportunidades tecnológicas y baja acumulabilidad.

1.2 Brechas tecnológicas

Los planteamientos teóricos sobre los que se sustentarán las preguntas de investigación están relacionados con el estado del arte de las brechas tecnológicas, en el que se recuperan los conceptos utilizados a lo largo de los últimos 50 años para definir las brechas tecnológicas. Se profundiza en el concepto de capacidades tecnológicas nacionales, fundamental para la identificación de brechas tecnológicas. Finalmente, se describen las variables que se han utilizado para presentar aspectos de la brecha y actualmente los métodos con los que se calculan las brechas tecnológicas entre países.

Diversos autores como Abramovitz (1986) y Nelson (1971) se refieren a las brechas tecnológicas como las diferencias tecnológicas que afectan en la productividad de los factores¹⁰ entre las naciones. Nelson (1971) menciona que estas diferencias de productividad entre los países son causadas por la dotación de recursos o el desarrollo de ellos a través de inversiones pasadas en maquinaria y equipo, educación, capacitación y otros. Abramovitz (1986) a este conjunto de recursos desarrollados los conceptualiza como capacidades tecnológicas nacionales que se conforman a medida que la educación y la organización responden a los requisitos de las oportunidades tecnológicas.

El análisis de la brecha tecnológica fue complementado por Freeman (1989) que la relaciona con las diferencias tecnológicas y de riqueza, donde las ventajas económicas y técnicas generales se derivan de la capacidad nacional para la aplicación de la nueva tecnología. Sin embargo, la riqueza no es un componente que será utilizado como determinante en la brecha tecnológica, en cambio se reconocerá como una relación de causalidad, donde una reducción en las diferencias de capacidades tecnológicas disminuirá la distancia en la riqueza. Además, su concepto de diferencias tecnológicas es limitado, solo se dirige a la aplicación de la nueva tecnología, cuando también es posible desarrollar nueva tecnología.

Fagerberg & Godinho (2004) conceptualizan la brecha tecnológica como las diferencias de riqueza y productividad, provocada por las capacidades tecnológicas particulares de cada nación, su estrategia para dirigir sus capacidades a sectores tecnológicamente progresivos y la intervención del estado mediante políticas de CTI. Los autores establecen que la política de CTI dependerá del contexto económico, tecnológico, institucional y social particular de cada economía, contemplando la dinámica tecnológica y económica global de la actualidad (Fagerberg & Godinho, 2004). Las políticas de CTI deben formularse para maximizar el desempeño y el bienestar en los países que han adoptado los nuevos criterios para el desarrollo de la economía del conocimiento que se basan directamente en la producción, distribución y uso de conocimientos (OCDE, 1996). También se retoma el término de capacidades tecnológicas para describir los diversos esfuerzos y capacidades que los países en desarrollo han generado en educación, gasto en I+D e innovación (Fagerberg & Godinho, 2004).

¹⁰ Los factores de producción son capital, tierra, trabajo y tecnología (Nelson, 1971).

En los últimos años Geronikolaou & Mourmouris (2015) y Sharma et al. (2021) han definido a la brecha tecnológica como la diferencia en las capacidades tecnológicas entre las naciones que definen el progreso tecnológico. Se utilizará este último enfoque para conceptualizar las brechas tecnológicas debido a que la productividad que se analizó hasta este momento por los estudiosos de brechas tecnológicas fue la productividad general de la economía en su producción de bienes y servicios en su conjunto. Pero, de acuerdo con los objetivos particulares de esta investigación, la productividad a la que nos referiremos será a la productividad generada a partir del nuevo conocimiento tecnológico. Además, las diferencias de riqueza no serán percibidas como una brecha tecnológica, son una causalidad de los diferentes niveles de capacidades tecnológicas que posee un país, es decir, un mayor nivel de capacidades tecnológicas nacionales incrementará la producción de nuevo conocimiento que al incorporarse exitosamente al mercado en forma de innovación causará un mayor nivel de riqueza. Esta diferencia de capacidades tecnológicas es fundamental para la explicación de las brechas tecnológicas ya que entre mayor sean los niveles de capacidades tecnológicas nacionales, mayor será su producción de nuevo conocimiento tecnológico y generarán una mayor riqueza nacional.

En los estudios revisados, las brechas tecnológicas dependen directamente del nivel de capacidades tecnológicas. Estas capacidades se han descrito como el componente fundamental del crecimiento económico y el bienestar (Archibugui & Coco, 2004). Las capacidades tecnológicas de un país se componen de diversas fuentes de conocimiento e innovación que han evolucionado a lo largo del tiempo. Al inicio, se estableció que estaban conformadas por la dotación de recursos y el desarrollo de ellos a través de inversiones pasadas en maquinaria y equipo, educación, capacitación y otros (Nelson, 1971). Entonces, las capacidades tecnológicas no solo dependen de los recursos disponibles en un momento del tiempo, también de los esfuerzos de inversión para seguir aumentando el nivel de educación, capacitación y maquinaria y equipo.

Posteriormente, se identificó que las capacidades tecnológicas dependen del grado de educación y los aspectos de los sistemas económicos de cada nación: su apertura a la competencia, el establecimiento y funcionamiento de nuevas empresas y a la compra y venta de nuevos bienes y servicios (Abramovitz, 1986). Fagerberg y Godinho (2004) lograron

sintetizar los dos enfoques anteriores de capacidades tecnológicas, estableciendo que dependen del contexto donde se desarrollan, es decir, el tamaño de su economía y los diversos esfuerzos y capacidades en educación, infraestructura y en actividades de investigación y desarrollo. Los anteriores enfoques se pueden expresar en tres factores principales, identificados por Castellacci (2011), que conforman las capacidades tecnológicas. El primer factor es el capital humano que incorpora el grado de educación y el capital humano altamente calificado para lograr actividades de I+D. El segundo es la infraestructura tecnológica de cada nación que agrupa la infraestructura y la maquinaria y equipo destinado al desarrollo tecnológico. Finalmente, se integra el factor de intensidad de innovación que incorpora la capacidad de generar nuevos bienes y servicios a partir de la creación de nuevo conocimiento tecnológico.

Actualmente, para Geronikolaou & Mourmouris (2015) las capacidades tecnológicas están conformadas por los esfuerzos en investigación y desarrollo, su generación de conocimiento tecnológico y el riesgo que están dispuestos a afrontar para innovar, identificado por la inversión en capital de riesgo. Sin embargo, el tercer componente para medir el riesgo y reflejar la posibilidad de incorporar actividades de innovación dentro de la estructura productiva, no es claro debido a que se refiere principalmente al mercado financiero y no al productivo. Finalmente, para Sharma (2021) las capacidades tecnológicas dependen del capital humano, los esfuerzos en investigación y desarrollo y el nuevo conocimiento tecnológico que han logrado generar las naciones, el cual está incorporado en su actividad innovativa previa. Por lo tanto, a partir de los enfoques previamente desarrollados se define a las capacidades tecnológicas nacionales como el conjunto de las diversas fuentes de conocimiento tecnológico que evolucionan en el tiempo a partir de los esfuerzos de inversión y dotación de recursos en el capital humano, la infraestructura tecnológica y su actividad de innovación para la creación eficiente de nuevo conocimiento tecnológico, con la intención de lograr un crecimiento productivo y desarrollo del bienestar en el conjunto de la economía.

Sin embargo, estas capacidades no solo se dirigen a la creación de nuevo conocimiento, autores como Castellacci (2011) y Sharma et al. (2021) han incorporado al concepto de capacidades tecnológicas nacionales, la propiedad de capacidades de absorción, debido a que a través de sus capacidades es posible hacer un uso eficaz del conocimiento tecnológico del

exterior, mediante esfuerzos por asimilar, utilizar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes importadas de manera eficiente.

Las capacidades de absorción reconocen la importancia del comercio de conocimiento internacional que favorece los procesos de aprendizaje de las naciones, reduce el costo de I+D, además, permite la introducción de nuevos bienes intermedios que aumentan la formación de capital (Chuang,1998). Las tecnologías se extienden a través de flujos comerciales y los países receptores pueden asimilarla a través del aprendizaje por importación. En la literatura de brechas tecnológicas se establece que los países avanzados poseen conocimiento tecnológico más actualizado y con un potencial de producir mayores ganancias, además, entre mayor sea la brecha tecnológica entre países, mayor será la distancia entre sus tecnologías (Fernández & Gavilanes, 2017). La ventaja principal de recibir importaciones de nuevo conocimiento tecnológico es que resulta más sencillo modificar o agregar funciones al nuevo conocimiento recibido que generarlo (Crespo & Velázquez,2004). Sin embargo, el aprendizaje dependerá de una acumulación aceptable de capacidades tecnológicas previas; un contexto económico y social similar al país exportador de la tecnología; así como infraestructuras tecnológicas, redes e instituciones que faciliten la asimilación del conocimiento tecnológico importado (Fernández & Gavilanes, 2017). A partir de lo anterior, se establece que una gran brecha tecnológica ofrece más oportunidades de aprendizaje de los países importadores debido a que importaran tecnologías superiores, pero al poseer un nivel de capacidades tecnológicas inferiores y contextos económicos y sociales distintos es posible que no logren incorporar el conocimiento tecnológico satisfactoriamente.

Las brechas tecnológicas son un elemento teórico de interés en los países en vías de desarrollo, porque reducen la competitividad de sus industrias y contribuyen a reducir su producción, debido a que están lejos de la frontera tecnológica, lo que les imposibilita desarrollarse en el estado del arte mundial de la tecnología (Gabriel et al., 2016). A partir de lo anterior se establece que *“el potencial de un país para un crecimiento rápido es fuerte cuando está tecnológicamente atrasado, pero con capacidades tecnológicas avanzadas”* (Abramovitz, 1986, p. 388), donde se reconoce el nivel de capacidades tecnológicas nacionales como determinantes para tener la oportunidad de *catching up*.

Sin embargo, existe una oposición de argumentos referidos a la posibilidad de disminuir la brecha tecnológica entre países. Para Abramovitz (1986) los países que están atrasados tienen un potencial de crecimiento más grande que los desarrollados, estableciendo la posibilidad de cerrar la brecha tecnológica. Sin embargo, este proceso de *catch up* es autolimitante debido a que entre menor sea la brecha tecnológica y más cerca se encuentre el país seguidor del líder, su crecimiento se desacelerará. Por otro lado, en el modelo de crecimiento endógeno de innovación e imitación asociado con la difusión de conocimientos a nivel internacional postulado por Grossman y Helpman (1991) citado en Aboites y Soria (2008) se identifica que en los países desarrollados surgen los nuevos productos e innovaciones debido a que poseen actividades de I+D más desarrolladas. Mientras que los países en vías de desarrollo y principalmente países rezagados poseen actividades de I+D menos desarrolladas con un capital humano con bajo nivel de calificación provocando una producción tecnológica no competitiva a nivel internacional. Los bienes con mayor contenido tecnológico moderno serán producidos por países desarrollados y los países menos desarrollados producirán bienes con menor contenido tecnológico de sectores tradicionales. Por lo tanto, los países en vías de desarrollo no poseen la oportunidad de crecer más aceleradamente que los desarrollados, lo que provoca que no exista posibilidad de disminuir la distancia de la brecha tecnológica entre países.

Dentro de los hallazgos de Castellacci (2011) se encontró que los países en vías de desarrollo han logrado cerrar parcialmente la gran distancia que los separa de los países que lograron el desarrollo, y los países desarrollados en términos de capital humano e infraestructuras tecnológicas. Estos factores son determinantes en las capacidades tecnológicas de absorción y generación de nuevo conocimiento, posibilitando la reducción de la distancia de la brecha tecnológica. A partir del debate anterior y orientando la discusión al desarrollo de la idea de *catching up* (Abramovitz, 1986; Freeman, 1989; Fagerberg & Godinho, 2004; Castellacci, 2011) se establecerá que la reducción de la brecha teóricamente es posible, los países poseen capacidades que pueden llevarlos a lograr procesos de *catch up* que permitirán lograr reducción y en casos excepcionales, incluso la eliminación de la brecha, convirtiendo a un conjunto nuevo de países en líderes.

Una ruta en la que el *catching up* es posible, es generar liderazgo en ramas particulares con oportunidad tecnológica, a través de sus capacidades tecnológicas nacionales. Estas capacidades requieren de apoyo gubernamental a la educación, investigación, información y provisión de capital general físico. Así como, regulaciones que constituyen un modo de resolución de conflictos y reducir los costos del cambio provocado por el avance técnico (Abramovitz, 1986). Desde una perspectiva contextual del tecno paradigma de las tecnologías de la información y comunicación, Freeman (1989) reconoce que es necesario el reconocimiento temprano de las nuevas trayectorias tecnológicas, estrategias de inversión de I+D (Investigación y Desarrollo) y de recursos para alcanzar el liderazgo tecnológico.

El proceso de *catch up* se refiere a la capacidad de un país para reducir la brecha en la productividad y los ingresos con respecto a un país líder (Fagerberg & Godinho, 2004). Este proceso es una cuestión compleja “*la recuperación exitosa se ha asociado no solo con la adopción de técnicas existentes en industrias establecidas, sino también con la innovación, particularmente de tipo organizacional, y las incursiones en industrias incipientes*” (Fagerberg & Godinho, 2004, p. 2), lo cual necesita un acompañamiento de política de CTI que movilice y destine recursos para emprender los cambios necesarios que requiere la tecnología moderna, para aumentar la probabilidad de que la ejecución sea exitosa.

Se propone una perspectiva de cambio estructural, en el que las industrias tradicionales se eliminen gradualmente para implementar industrias tecnológicamente modernas, y con mayores oportunidades para desplazar sus fronteras tecnológicas, para tratar de transformar la economía, estimular el aprendizaje y la creación de nuevas habilidades (Fagerberg & Godinho, 2004). Esta concepción de aprendizaje se ha continuado utilizando e incluso se ha complementado con el término de absorción que es necesario para aprovechar los avances tecnológicos que se derraman por los países líderes en desarrollo tecnológico (Gabriel et al., 2016). Sharma et al. (2021) integran estos elementos de aprendizaje y absorción en habilidades, definiendo a las capacidades tecnológicas nacionales como un conjunto complejo de habilidades, conocimientos tecnológicos y estructuras organizativas que se requieren para operar una tecnología de manera eficiente y lograr el cambio tecnológico (Sharma et al., 2021).

En síntesis, la brecha tecnológica depende de dos capacidades que permitirían lograr el *catch up* si están avanzadas en los países, las cuales son dependientes de su capital humano e infraestructura tecnológica (Castellacci, 2011): (1) capacidad de absorción: capacidad para imitar tecnologías extranjeras; y (2) capacidad innovadora: medida en que el país es capaz de producir nuevos conocimientos. Los cuatro tigres asiáticos¹¹ son países que han conseguido el *catching up* representando en la actualidad altos niveles de crecimiento en su productividad, creación de nuevo capital humano altamente calificado y en su producción de nuevo conocimiento tecnológico, causado por el desarrollo de sus capacidades tecnológicas nacionales. Sus capacidades tecnológicas y la acumulación de conocimientos en un contexto internacional de mayor comercio se reflejaron en mejores niveles de productividad y mejores niveles de vida (Arora & Ratnasiri, 2015).

Un ejemplo del proceso de *catch up* de los tigres asiáticos es el caso de Corea del Sur. Corea en las décadas de 1960 y 1970 se encontraba en una situación de país en desarrollo con bajos niveles de productividad y producto per cápita (Kim, 1996). En este contexto desfavorable Corea comenzó a desarrollar sus capacidades tecnológicas haciendo énfasis en la educación para mejorar la calificación de su capital humano, generando nuevos ingenieros y científicos (Lee, 2013). En la etapa temprana de su desarrollo de capacidades, la tecnología clave estaba incorporada en la maquinaria y equipo importado, se limitaron a realizar procesos de aprender haciendo, sin generar su propio conocimiento tecnológico (Lee, 2013). Posteriormente las capacidades generadas se enfocaron en la absorción del conocimiento tecnológico creado por las naciones desarrolladas, a través de la ingeniería inversa facilitando el desarrollo tecnológico de Corea para lograr el proceso de *catch up* (Kim, 1996). Entre las políticas que utilizó Corea, se encontró la creación de capital humano, ingenieros e investigadores, una apertura comercial enfocada en las importaciones de maquinaria y equipo avanzados tecnológicamente y cooptación de inversión extranjera directa con la intención de desarrollar y aprovechar sus capacidades de absorción (Lee, 2013). Finalmente, los esfuerzos en el desarrollo de capacidades tecnológicas ya no solo eran utilizados para absorber la tecnología de los países desarrollados, también podían generar nuevo conocimiento

¹¹ Los cuatro tigres asiáticos son: Corea del Sur, Hong Kong, Singapur y Taiwán (Arora & Ratnasiri, 2015)

tecnológico en sectores modernos como los sectores de semiconductores y telecomunicaciones.

Para este estudio la brecha tecnológica será definida como la diferencia de capacidades tecnológicas entre las naciones. La referencia a estas capacidades se abordará a través del análisis de los niveles de educación, esfuerzo en inversión de I+D y de innovación de los países. Es similar a la construcción del concepto de capacidades tecnológicas nacionales de Archibugui & Coco (2004) y Castellacci (2011) que explican la acumulación de conocimientos de los países, mediante su creación de innovación, infraestructuras tecnológicas y capital humano. Estos factores requieren el dominio de tecnologías previas que permitirá a los agentes económicos construir competencias de manera acumulativa, a través del esfuerzo tecnológico.

En conclusión, la brecha tecnológica es la diferencia de capacidades tecnológicas entre los países en vías de desarrollo y los países líderes, que además podrían provocar diferencias en su riqueza y productividad. Las capacidades tecnológicas nacionales son el conjunto de las diversas fuentes de conocimiento tecnológico que evoluciona en el tiempo a partir de los esfuerzos de inversión y dotación de recursos en capital humano, infraestructura tecnológica y actividad de innovación. Estas capacidades permiten la creación eficiente de nuevo conocimiento tecnológico y la absorción del conocimiento generado por otros países, con la intención de lograr un crecimiento productivo y desarrollo del bienestar en el conjunto de la economía. Además, al lograr un nivel alto de capacidades tecnológicas es posible para las naciones lograr procesos de *catch up*, a través de actividades de prospección para reconocer las nuevas trayectorias tecnológicas y mediante estrategias de inversión dirigir sus capacidades tecnológicas a ramas particulares de oportunidad tecnológica con alto potencial de crecimiento.

1.3 Índices de capacidades tecnológicas

La medición de las capacidades tecnológicas determinantes en las brechas tecnológicas entre los países se ha realizado a partir del desarrollo de varios índices que comprenden diversas dimensiones que permiten su cálculo. En esta sección se analizarán cuatro índices y dos trabajos que utilizan diversos indicadores para representar las capacidades tecnológicas

nacionales y hacer comparaciones internacionales. Los índices y trabajos empíricos revisados en esta sección conformarán la base de conocimiento para la construcción del índice de capacidades tecnológicas nacionales que se utilizará para el análisis empírico presentado en el capítulo tres.

El Banco Mundial ha desarrollado dos índices relevantes para el estudio: el Index Knowledge (IK) y el Knowledge Economic Index (KEI). El primer índice es el IK que mide la capacidad de un país para generar, adoptar y difundir el conocimiento, solo se concentra en la dimensión de la base de recursos disponibles que componen las capacidades tecnológicas (Aboites y Soria, 2008): (a) capital humano; (b) sistema de innovación; y (c) tecnologías de la información y la comunicación.

Mientras que el segundo índice KEI representa el nivel general de desarrollo de un país o región en relación con la economía del conocimiento (Aboites & Soria, 2008). El índice KEI incorpora cuatro componentes relacionados con la economía del conocimiento, representados por los siguientes conjuntos de indicadores (Aboites & Soria, 2008): (a) Régimen institucional e incentivo económico: tarifas y barreras no arancelarias, calidad en la regulación y el estado de derecho; (b) La educación y los recursos humanos: tasa de alfabetización de los adultos, cobertura en secundaria y cobertura en bachillerato y universidad; (c) El sistema de innovación: pagos de royalties por derechos de propiedad intelectual (licencias de patentes, software, entre otros.), solicitudes de patentes y artículos de revistas científicas y técnicas; y (d) Las Tics: cantidad de teléfonos, computadoras, y usuarios de internet. Los cuatro componentes a su vez denotan las capacidades tecnológicas de las naciones al utilizar indicadores de capital humano, infraestructura tecnológica y actividad de innovación, además incorpora aspectos institucionales que reflejan el efecto de la política particular de cada nación en su nivel de capacidades tecnológicas.

El tercer índice de capacidades tecnológicas desarrollado por Archibugi & Coco (2003) profundiza en la medición tecnológica, desarrollando el índice tecnológico ARCO que mide macroeconómicamente, las capacidades tecnológicas con la intención de realizar comparaciones entre países en puntos de tiempo particulares. Considera principalmente tres aspectos de las capacidades tecnológicas, con sus respectivos indicadores (Archibugi & Coco, 2003): (a) creación de tecnología: patentes y artículos científicos; (b) las

infraestructuras tecnológicas: penetración telefónica, de internet y consumo de electricidad; y (c) el desarrollo de habilidades humanas: matriculación en ciencias e ingeniería, años promedio de escolaridad y tasa de alfabetización.

El cuarto, no es un índice de capacidades tecnológicas, pero Lugones et al. (2007) identifica un conjunto de dimensiones de indicadores que representan las capacidades tecnológicas nacionales con la intención de analizar los avances ante el cambio tecnológico que ofrece el contexto. El índice de capacidades tecnológicas que se puede construir a partir de las siguientes tres dimensiones de indicadores (Lugones et al., 2007): (1) base disponible de recursos que conforman las capacidades: capital humano, infraestructura tecnológica y complejidad de la demanda tecnológica, (2) esfuerzos realizados para continuar desarrollando capacidades: esfuerzos en capital humano: (gasto en educación), esfuerzo en la actividad de innovación (Gasto en I+D), adquisición de conocimiento extranjero (inversión extranjera directa (IED)) y (3) resultados obtenidos de la actividad en generación de nuevo conocimiento tecnológico: actividad de innovación (patentes y publicaciones científicas), inserción comercial internacional (exportaciones clasificadas por contenido tecnológico).

El quinto se refiere al estudio comparativo mundial de capacidades tecnológicas nacionales de Castellacci (2011) para identificar la existencia de la reducción de la brecha tecnológica. En este caso las capacidades tecnológicas nacionales solo se integran tres tipos de indicadores: (a) intensidad de innovación: patentes y artículos publicados; (b) infraestructura tecnológica: penetración de internet, telefonía fija, telefonía móvil y electricidad; y (c) capital humano: años de escolaridad, matrícula universitaria y tasa de alfabetización. Sin embargo, solo conforman dos dimensiones de indicadores: base disponible de recursos que conforman las capacidades y resultados obtenidos de la actividad en generación de nuevo conocimiento tecnológico

Finalmente, para calcular las capacidades tecnológicas nacionales Sharma et al. (2021) construye un índice de tecnología (IT) como una medida de las capacidades para el cálculo de la brecha tecnológica, donde la magnitud de la brecha estará determinada por la diferencia de capacidades tecnológicas que existe entre los países. Utiliza cuatro indicadores para (Sharma et al., 2021): (1) indicadores de entrada: gasto en I + D como porcentaje del PIB, y el número de investigadores en I + D por mil millones de habitantes y (2) indicadores de

resultados: el número de patentes por residentes y el número de artículos publicados en revistas científicas y técnicas.

En la tabla 1.1 es fácilmente apreciable las diferencias de los criterios de indicadores utilizados para representar las capacidades tecnológicas nacionales. A partir del análisis se identifican tres dimensiones de indicadores fundamentales para la construcción de un índice de capacidades tecnológicas: (1) base disponible de recursos que conforman las capacidades; (2) esfuerzos realizados para continuar desarrollando capacidades; y (3) resultados obtenidos de la actividad en generación de nuevo conocimiento tecnológico.

Tabla 1.1. Resumen de índices de capacidades tecnológicas

Dimensiones de indicadores	Indicadores	KI	KEI	ArCO	Lugones	Castellacci	IT
Base disponible	Capital humano	x	x	x	x	x	x
	Sistema de innovación	x					
	Infraestructura tecnológica	x	x	x	x	x	
	Demanda tecnológica				x		
	Régimen institucional		x				
Esfuerzos realizados	Gasto en educación				x		
	Gasto en I+D				x		X
	IED				x		
Resultados	Patentes		x	x	x	x	X
	Artículos publicados			x	x	x	X
	Inserción comercial				x		

Fuente: Elaboración propia a partir de Aboites & Soria (2008), Archibugui & Coco (2004), Lugones (2007), Castellacci (2011) y Sharma (2021).

El índice KI, solo se enfoca en la dimensión de indicadores base para la construcción de capacidades tecnológicas. Los índices KEI, ARCO y el trabajo de Castellacci (2011) se dirigen a dos dimensiones de indicadores: a la dimensión de base disponible de recursos destinados a las capacidades tecnológicas nacionales y a los resultados de nuevo conocimiento tecnológico. El índice KEI es el que mayor profundiza en la primera dimensión, sin embargo, el régimen institucional solo considera el pago de royalties por derechos de propiedad intelectual. El índice ARCO y el trabajo de Castellacci (2011) extienden la incorporación de indicadores de resultados integrando el nuevo conocimiento

producido por la comunidad científica de las diversas naciones. Solo el índice de IT de Sharma et al. (2021) y el trabajo de Lugones et al. (2007) contemplan las tres dimensiones para reflejar las capacidades tecnológicas nacionales. Sin embargo, el índice IT, posee una cantidad baja de indicadores, mientras que Lugones et al. (2007) incorporan indicadores de difícil acceso como la demanda tecnológica y la inserción comercial tecnológica internacional.

El índice de capacidades tecnológicas nacionales para estimar la brecha que se utilizará en esta investigación será construido a partir de la definición de las capacidades que es el conjunto de las diversas fuentes de conocimiento tecnológico que evoluciona en el tiempo a partir de los esfuerzos de inversión y dotación de recursos en el capital humano, la infraestructura tecnológica y su actividad de innovación para la creación y absorción eficiente de nuevo conocimiento tecnológico. Por lo tanto, se utilizarán las tres dimensiones de indicadores. En la base disponible de recursos que conforman las capacidades se utilizarán los indicadores de capital humano y de infraestructura tecnológica. Las capacidades al evolucionar en el tiempo también requieren incorporar los esfuerzos realizados para continuar desarrollando capacidades, así que se utilizarán indicadores de gasto en I+D y educación utilizados por Lugones et al. (2007). Finalmente, también se incorporarán los resultados obtenidos de la actividad en generación de nuevo conocimiento tecnológico que reflejan la actividad de innovación, midiendo este nuevo conocimiento tecnológico y científico a través de las patentes y los artículos científicos publicados.

En síntesis, en este capítulo se estableció que en la economía del conocimiento el nuevo conocimiento tecnológico con su potencial de innovación es un elemento esencial para lograr el crecimiento y desarrollo en los países. Las diferencias de los países en un contexto de competencia por lograr la creación de conocimiento tecnológico causan asimetrías entre las naciones provocando la existencia de brechas tecnológicas. La brecha tecnológica representa la diferencia de capacidades tecnológicas entre los países en vías de desarrollo y los países líderes, que además provocan diferencias en su riqueza y productividad.

Las capacidades tecnológicas nacionales permitirán la creación y absorción eficiente de nuevo conocimiento tecnológico. Los países en vías de desarrollo con capacidades tecnológicas avanzadas podrán lograr procesos de *catch up* que les permitirán integrarse a

los países líderes como fue el caso de Corea del sur. El cálculo de un índice de capacidades tecnológicas es fundamental para vislumbrar la brecha tecnológica entre los países de América Latina y los países líderes tecnológicamente, debido a que la brecha tecnológica se refiere a la diferencia de capacidades tecnológicas entre las naciones. Entonces la brecha tecnológica puede ser expresada empíricamente como la diferencia de los índices de capacidades tecnológicas entre las naciones. El desarrollo conceptual y teórico de los criterios de crecimiento y desarrollo de la economía del conocimiento, el surgimiento de asimetrías que aportan al desarrollo teórico de las brechas y las capacidades tecnológicas nacionales, es fundamental para analizar en qué posición se encuentran los países en desarrollo de América latina respecto a los países desarrollados y para identificar cual es la oportunidad de incorporarse y lograr satisfactoriamente procesos de *catch up*.

Capítulo 2: Metodología

En el capítulo anterior se presentaron los elementos teóricos necesarios para conceptualizar las brechas tecnológicas, donde el enfoque de capacidades tecnológicas nacionales y los índices que se construyen para representar estas capacidades son útiles para el análisis y cálculo de las brechas tecnológicas entre los países. Además, se identifica a la especialización tecnológica nacional en los distintos campos tecnológicamente modernos como un determinante para lograr una incorporación y permanencia en el grupo de países desarrollados. Estos aspectos serán retomados para el análisis y descritos desde una perspectiva metodológica en esta sección.

La elaboración del reporte de investigación se realiza a través de un estudio documental a partir de bases de datos elaboradas con información seleccionada de los bancos de datos de USPTO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) y el Banco Mundial. Lo anterior permite reflejar con datos comprobables la evolución de las capacidades tecnológicas nacionales y las brechas tecnológicas entre Alemania, Brasil, Corea del Sur y México del año 2000 al 2018.

El objetivo de este capítulo es presentar la metodología y las herramientas que permiten responder a las preguntas planteadas en la presente investigación. Se pretende identificar hacia qué campos tecnológicos se dirigen los esfuerzos de producción de nuevo conocimiento técnico, mostrar la evolución a través del tiempo de las capacidades tecnológicas nacionales, así como calcular la brecha tecnológica a partir de un índice que describe el nivel de capacidades tecnológicas que poseen cada uno de los países. La investigación se organiza en tres fases: en la primera fase se construyen las bases de datos, en la segunda se dividen las patentes por sectores y campos tecnológicos, y en la tercera se presenta el proceso para estimar las brechas tecnológicas entre los países.

La hipótesis de la que se parte en el estudio es que la distancia de la brecha tecnológica entre los países desarrollados y los países en desarrollo es grande del 2000 al 2018. Los países de América Latina no han logrado disminuir la brecha tecnológica con los países desarrollados, debido a que los países en desarrollo tienen un nivel bajo de capacidades tecnológicas nacionales. Se espera que el nivel bajo de capacidades sea provocado por una baja dotación

inicial de recursos base para la generación de capacidades tecnológicas (capital humano calificado e infraestructura tecnológica) y un esfuerzo insuficiente de inversión en actividades de I+D y de formación de capital humano calificado. Además, se espera que el nivel de capacidades tecnológicas nacionales de los países en desarrollo para la creación de nuevo conocimiento tecnológico se especialice en el sector tecnológicamente tradicional. El capítulo inicia describiendo los criterios de la delimitación del estudio, definiendo los criterios para seleccionar a los países que se integran en la investigación, el periodo de tiempo y los indicadores que permitirán el análisis en el siguiente capítulo. En la segunda sección se describe la importancia de las patentes como indicador de conocimiento tecnológico. Finalmente, en la tercera sección, se presentan las tres fases que constituyen la metodología del estudio.

2.1 Criterios de la delimitación del estudio

El análisis se realizó para los siguientes países, Alemania, Corea del Sur, México y Brasil. Estos países permiten establecer un análisis comparativo entre los países desarrollados que lograron procesos de *catch up* como Alemania y Corea del Sur, respecto a los países en vías de desarrollo representativos de América Latina como Brasil y México. Los países seleccionados, desde la perspectiva teórica de Abramovitz (1986) revisada en el capítulo anterior, pertenecen a tres conjuntos de países establecidos como: (1) Países líderes o que van adelante del conjunto (*forging ahead*) como es el caso de Alemania; (2) Los países que van al final (*falling behind*) representado por países como México y Brasil; y (3) Los países que van alcanzando a los líderes (*catching up*) representado por países como Corea del Sur.

Estos países, además de representar tres conjuntos de países, se seleccionaron de acuerdo con su nivel de patentamiento en USPTO¹², que se relaciona directamente con su producción de nuevo conocimiento tecnológico. La nación de Alemania es el país que más patenta de Europa a nivel internacional (WIPO, 2020). Corea del Sur es un país con una alta producción de nuevo conocimiento tecnológico, en el 2019 fue el país que más patentes presentó respecto a su PIB, reflejando su actividad en la producción de solicitudes de patentes respecto al tamaño de la economía (WIPO, 2020). Además, Corea del Sur se ha recuperado rápidamente,

¹² Se utiliza la USPTO debido que pertenece al “*mercado más grande y tecnológicamente más desarrollado del mundo*” (Archibugi & Coco, 2004, p. 4). Fragmento tomado y detallado en la sección 2.2.1 del capítulo 2.

destacando por ser el principal productor a nivel internacional en las industrias más progresistas tecnológicamente (Fagerberg & Godinho, 2004). Otro criterio de selección se refiere a las patentes de Alemania y Corea del Sur que a través del tiempo poseen una mayor participación en nuevas clasificaciones tecnológicas dirigidas a campos tecnológicamente modernos. Los países de América Latina son el centro de la comparación del análisis. Brasil se selecciona para el estudio debido a que en los años ochenta, Freeman (1989) identificó que Brasil realizó esfuerzos importantes de *catching up* a través de inversión en la mejora de la infraestructura de ciencia y tecnología, a niveles comparables con los esfuerzos de Corea del Sur, sin embargo, Brasil no ha logrado el desarrollo tecnológico que tiene Corea en la actualidad. Finalmente, se incorpora a México en el análisis, porque su desarrollo tecnológico y producción de nuevo conocimiento tecnológico es comparable con la de Brasil, siendo los dos países más representativos de América Latina por su producción en patentes en sus oficinas nacionales y en la de USPTO.

El periodo de tiempo del estudio será del 2000 a 2018. Se decide a partir de que en 1996 se acuña el término de economía del conocimiento, en el que se reconoce al conocimiento a través de su creación, difusión y uso como factor clave del crecimiento económico (OCDE, 1996). Estos nuevos criterios para el desarrollo económico han llevado a crear nuevas estrategias en los planes de desarrollo como el caso de la Agenda de Lisboa de la Unión Europea. A través de la estrategia de Lisboa los gobiernos de Europa se comprometen a aumentar su gasto en I+D y educación, promover la comercialización de la investigación y la innovación e invertir más en tecnología de la información y la comunicación. A partir de lo anterior se espera que la importancia de estos nuevos criterios de la economía del conocimiento sea reconocida e incorporada por el conjunto de países seleccionados a partir del año 2000. Otro criterio de decisión se refiere al muestreo por conveniencia que es la razón para elegir el periodo de tiempo hasta el año 2018. Los bancos de datos como el banco mundial poseen datos de los indicadores que se utilizan en este estudio, los datos se actualizan constantemente, sin embargo, solo hasta el 2018 existe disponibilidad de los datos para los países seleccionados, no existen datos para años más recientes. Por lo tanto, solo se posee comparabilidad de los datos para el periodo de tiempo del 2000 al 2018.

A partir del análisis de los conceptos y de la evolución de las investigaciones sobre los mismos, se seleccionaron el conjunto de indicadores que conformarán la base de datos para el análisis de brechas tecnológicas. Se retoma la definición de índice de capacidades tecnológicas nacionales, que será construido a partir de la definición de capacidades tecnológicas nacionales, definido en el capítulo anterior como el conjunto de las diversas fuentes de conocimiento tecnológico que evoluciona en el tiempo a partir de los esfuerzos de inversión y dotación de recursos en el capital humano, la infraestructura tecnológica y su actividad de innovación para la creación y absorción eficiente de nuevo conocimiento tecnológico (Archibugui & Coco, 2004; Castellacci, 2011; y Sharma, 2021). A partir del concepto de capacidades tecnológicas nacionales se identifican tres dimensiones de indicadores necesarios para la construcción del índice. La primera dimensión se refiere a los indicadores que representan la base disponible de recursos que conforman las capacidades. La segunda dimensión contempla los esfuerzos realizados para continuar desarrollando capacidades. Finalmente, la tercera dimensión integra los indicadores que reflejan los resultados obtenidos en generación de nuevo conocimiento tecnológico como un potencial proxy de la actividad de innovación de las naciones (Archibugui & Coco, 2004).

Tabla 2.1: Operacionalización de indicadores que conforman el índice de capacidades tecnológicas nacionales

Concepto	Dimensiones de Indicadores	Categoría Analítica	Indicador
Capacidades Tecnológicas Nacionales	1° Base disponible de recursos	Capital humano calificado	Personas en matrícula universitaria
			Investigadores dedicados a I+D
		Infraestructura tecnológica	Acceso a la electricidad
			Penetración de internet
	2° Esfuerzos realizados	Inversión para generar conocimiento	Gasto en educación
			Gasto en I+D
	3° Resultados	Conocimiento científico y tecnológico	Patentes concedidas
			Artículos publicados

Fuente: Elaboración propia a partir de Aboites & Soria (2008), Archibugui & Coco (2004), Lugones (2007), Castellacci (2011) y Sharma (2021).

Para realizar el análisis empírico se establecen los siguientes indicadores que integran cada una de las dimensiones que constituyen al índice de capacidades tecnológicas representado en la tabla 2.1. En la primera dimensión se decidió utilizar las siguientes dos categorías

analíticas. La primera es el capital humano calificado que con sus habilidades y capacidad de aprendizaje proporcionan las condiciones para adaptarse productivamente al cambio organizacional provocado por la innovación además deben ser adecuadas para seleccionar, adquirir y asimilar el conocimiento tecnológico externo y crear nuevo conocimiento (Aboites & Soria, 2008). Las capacidades tecnológicas están fuertemente asociadas con las habilidades humanas, el conocimiento codificado y las infraestructuras tecnológicas solo tienen valor si son utilizados por personas calificadas (Castellacci, 2011). La segunda es la infraestructura tecnológica que agrupa la infraestructura física y la maquinaria y equipo destinado al desarrollo tecnológico de las naciones. Esta infraestructura no está conectada a las capacidades industriales, pero sí a la difusión y disponibilidad para la producción y acceso de conocimiento (Archibugui & Coco, 2004). A partir de los trabajos de Archibugui & Coco, (2004), Lugones (2007) y Castellacci (2007), se establecen las siguientes categorías analíticas integradas por cuatro indicadores: (a) capital humano: número de personas con educación universitaria y número de investigadores dedicados a la investigación y desarrollo; y (b) infraestructura tecnológica: penetración de internet y acceso a la electricidad.

En la segunda dimensión se considera la categoría analítica de inversión necesaria para generar nuevo conocimiento. Se incorpora el indicador de gasto en educación, que permite la estimación de capital humano calificado, a través de gasto en equipo educativo y edificios escolares, el tiempo y esfuerzo del personal de enseñanza y finalmente el tiempo y esfuerzo del individuo que está siendo educado (Merrett, 1996). También se integra el indicador de gasto en I+D que incentiva al aprendizaje y está relacionado con actividades formalizadas de I+D orientadas a generar nuevo conocimiento (Malerba, 1992). Este apoyo en los esfuerzos de I+D en las empresas de las naciones crea la posibilidad de generar nuevos conocimientos, y también contribuye a las capacidades de absorción, mediante el proceso de aprendizaje por búsqueda y la posibilidad de explotar el nuevo conocimiento que existe en su entorno (Cohen y Levinthal, 1990). Los esfuerzos de I+D variarán entre las diversas industrias y campos tecnológicos, principalmente determinado por la cantidad de conocimiento y la dificultad que representará asimilarlo y explotarlo.

En la tercera dimensión, se incorporan los indicadores de resultados, a través de la categoría analítica de nuevo conocimiento científico y tecnológico. Uno de los indicadores se refiere a

los artículos publicados que representan la producción científica de los investigadores de los diferentes países (FCCYT, 2014). Entonces, la investigación científica es la creación de conocimiento científico que se transmite a través de artículos científicos, como un informe escrito y publicado que presenta los resultados originales de su investigación (Miyahira, 1998). Finalmente, se utiliza el indicador de patentes concedidas, la razón de elegir las patentes concedidas en lugar de las solicitadas se debe a que al ser otorgadas garantizan “*novedad en el conocimiento tecnológico, altura inventiva (no obviedad) y potencial para producirse industrialmente*” (Aboites & Soria, 2008, p. 68). Por lo tanto, es un indicador robusto para la construcción de índices de capacidades tecnológicas nacionales y para obtener información sobre qué campos tecnológicos crean conocimiento tecnológico para lograr el crecimiento y desarrollo de las naciones.

2.2 Fases de la metodología

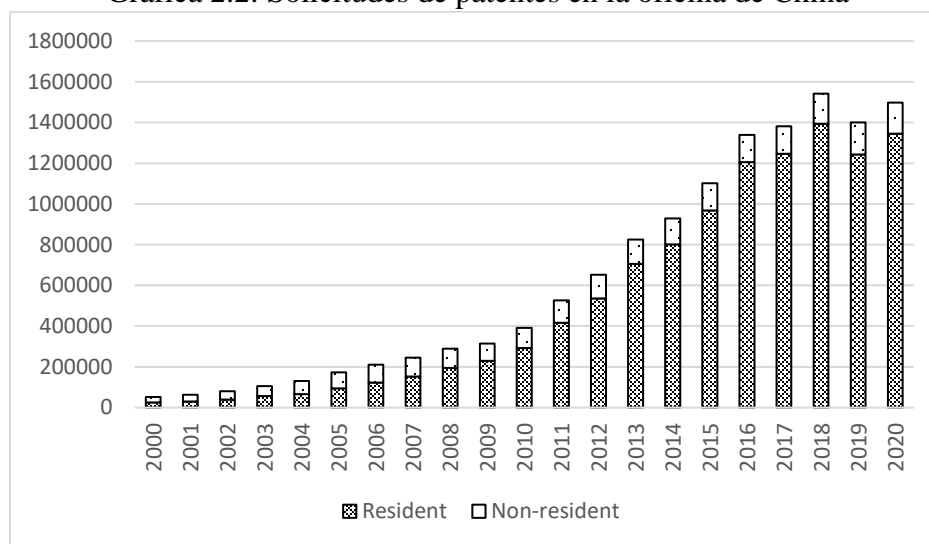
2.2.1 Fase 1: Elaboración de bases de datos

La construcción de la base de datos con los indicadores que forman el índice de capacidades tecnológicas nacionales se realizó para el periodo de 2000 al 2018. Los datos serán obtenidos de la base de datos del Banco Mundial debido a que ofrece libre acceso a información del crecimiento y desarrollo de los 189 países miembros, excepto por la variable de patentes concedidas. Las patentes serán obtenidas de la base de datos de la *United States Patent and Trademark Office* (USPTO), la oficina de patentes de Estados Unidos. Se utilizará USPTO en la búsqueda de patentes porque es la oficina de patentes del “*mercado más grande y tecnológicamente más desarrollado del mundo*” (Archibugi & Coco, 2004, p. 4). Sin embargo, en la última década la oficina de patentes de China ha incrementado su relevancia convirtiéndose en la oficina que recibe más solicitudes de patentes a nivel mundial (WIPO, 2020). Aunque gran parte de las solicitudes de patentes de la oficina de patentes China es de residentes como se muestra en la gráfica 2.2, a comparación de la oficina de Estados Unidos que muestra mayor proporción de solicitudes de patentes de no residentes presentado en la gráfica 2.3. Además de mostrar una participación un 132.07%¹³ mayor en 2018 de solicitudes

¹³ Solicitudes de patentes en el 2018 de no residentes en las oficinas de patentes de: Estados Unidos: 343,900 y China: 148,187 (WIPO, 2020).

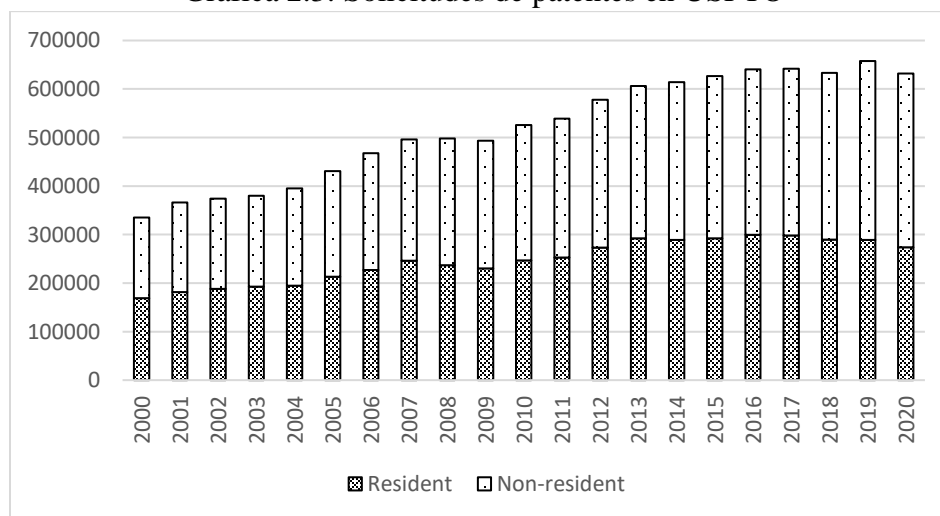
de patentes no residentes, la oficina de Estados Unidos posee un 17.24%¹⁴ más de patentes vigentes, por lo que, en términos de mercado, la oficina de USPTO sigue teniendo mayor relevancia. Así que las invenciones importantes, con potencial de ser innovaciones, están protegidas legalmente en USPTO.

Gráfica 2.2: Solicitudes de patentes en la oficina de China



Fuente: Elaboración propia con datos de WIPO, tomados de: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>

Gráfica 2.3: Solicitudes de patentes en USPTO



Fuente: Elaboración propia con datos de WIPO, tomados de: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent>

¹⁴ Patentes vigentes por oficina de patentes: Estados Unidos: 3,131,427 y China: 2,670,784 (WIPO, 2020, p. 47).

Los datos de patentes son particularmente importantes para el análisis porque no solo serán útiles para la construcción del índice de capacidades tecnológicas nacionales, además permitirán visualizar a qué campos tecnológicos se ha dirigido la creación de nuevo conocimiento tecnológico de las cuatro naciones. La razón de elegir las patentes concedidas en lugar de las solicitadas se debe a que al ser otorgadas garantizan “*novedad en el conocimiento tecnológico, altura inventiva (no obviedad) y potencial para producirse industrialmente*” (Aboites & Soria, 2008, p. 68). Por lo tanto, es un indicador robusto para la construcción de índices de capacidades tecnológicas nacionales y para obtener información sobre qué campos tecnológicos crean conocimiento tecnológico para lograr el crecimiento y desarrollo de las naciones.

La búsqueda de patentes en la base de estadísticas de USPTO se realiza mediante la construcción de un *query* que contiene las siguientes tres características separadas por dos booleanos (and): issue date (isd), assigne country (acn) y current US classification (ccl). Será ejecutado en la búsqueda avanzada. Un ejemplo de búsqueda para México en el año 2018 para el campo de nanotecnología quedaría codificado de la siguiente forma: acn/mx and isd/2018 and ccl/977/\$. El signo “\$” cerrará el código, lo que indica que se obtendrá la suma de las subclasificaciones que contenga la clasificación de la nanotecnología.

El *query* utilizado, posee dos limitaciones: (2) Para las siguientes clasificaciones CCL: 002 Vestuario, 004 Bañeras, closets, fregaderos y escupideras, 005 Camas, 007 Herramientas compuestas y 008 Blanqueamiento y teñido; tratamiento de fluidos y modificación química de textiles y fibras, el *query* no es funcional, el algoritmo de búsqueda de USPTO arrojará como dato “0 patentes” como resultado de la búsqueda, además si se intenta ingresar sin los ceros el código de búsqueda, el buscador mostrará la siguiente leyenda “tamaño del término de truncamiento demasiado pequeño”; y (2) El número total de patentes que resulta de la búsqueda por clasificación tecnológica difiere del número total de patentes en ese año del país buscado, debido a que diversas patentes poseen más de una clasificación tecnológica. Sin embargo, para el trabajo el *query* es funcional, debido a que el algoritmo permite buscar las otras 432 clasificaciones y la diferencia del total de patentes permite visualizar la complejidad del nuevo conocimiento que posee más de una clasificación. Además, las clasificaciones en las que no funciona el buscador se dirigen a campos tecnológicamente

tradicionales, en las cuales no está centrado el estudio debido a que se espera como hipótesis que en los cuatro países la creación de nuevo conocimiento tecnológico se dirija actualmente a sectores tecnológicamente modernos, provocando que esta limitante no sea relevante. La construcción de la base de datos por país de patentes estará constituida por la clasificación tecnológica de las patentes en las filas y el periodo de tiempo, año por año, en las columnas como se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2.4: Diseño de base de datos de patentes por clasificación tecnológica de USPTO

CCL	2000	2001	...	2018
1				
2				
...				
987				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.5: Diseño de base de datos de indicadores del banco mundial

	Indicador 1	Indicador 2	...	Indicador7
2001				
2002				
...				
2018				

Fuente: Elaboración propia

Para los otros indicadores la base contendrá las variables con sus totales en las filas y los años en las columnas, como se muestra en la tabla 2.5. Los datos serán obtenidos del banco de datos del Banco Mundial, la ruta para encontrar y descargar los indicadores inicia ingresando a la data¹⁵ del banco mundial, posteriormente se selecciona en la búsqueda la opción de navegar por indicador. En el buscador se seleccionan y descargan los datos de los siguientes tres tipos de indicadores: (a) ciencia y tecnología: Artículos en publicaciones científicas y técnicas, Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB) e Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas); (b) educación: Nivel de instrucción, al menos nivel de licenciatura o equivalente, población de más de 25 años, total (%) (acumulativo) y Gasto público en educación, total (% del PIB); (c) infraestructura: Acceso a la energía eléctrica (% de la población) y Personas que usan Internet (% de la población). Para esta investigación el conjunto de indicadores obtenidos del banco mundial

¹⁵ Banco Mundial (2022), recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/>

solo son de interés los valores totales sin niveles de desagregación, porque el nivel agregado permite la comparabilidad internacional de los datos y la construcción del índice de capacidades tecnológicas nacionales.

2.2.2 Fase 2: Clasificación por campo tecnológico

Para identificar los campos tecnológicos y responder a la pregunta de investigación sobre ¿Cómo se distribuye por campo tecnológico el nuevo conocimiento técnico en Alemania, Brasil, Corea del Sur y México? Se utiliza la clasificación por campo y subcampo tecnológico de Hall, Jaffe y Trajtenberg (2001) que utilizan las clasificaciones de patentes estadounidenses presentados en la USPTO. Se divide fundamentalmente en dos sectores tecnológicos, el sector moderno y el sector tradicional (Hall, Jaffe y Trajtenberg, 2001; López, 2008). El sector moderno que integra los siguientes tres campos tecnológicos: Cómputo y Comunicaciones; Eléctrica y Electrónica; y Medicina y Farmacia. El sector tradicional integra los siguientes campos tecnológicos: Química, Mecánica y Otros. Estos sectores integran casi en su totalidad las clasificaciones de patentes CCL que establece la USPTO, como se presenta en la tabla 2.6 y 2.7.

La tabla 2.6 representa al sector tecnológicamente tradicional, generalmente está integrado por tecnologías maduras y con baja flexibilidad a cambios, como los campos tecnológicos tradicionales que desarrollarán lentamente nuevo conocimiento, limitando la capacidad innovadora (Park Lee, 2006). Entre los campos tecnológicos que comprende el sector tradicional, se encuentran los siguientes tres: (a) Química; (b) Mecánica; y (c) Otros. Mientras que la tabla 2.7 describe al sector tecnológicamente moderno y la equivalencia de campos y subcampos tecnológicos con las clasificaciones de la USPTO. Al contrario del sector tradicional, el sector tecnológicamente moderno integra tecnologías nuevas y emergentes, los niveles de oportunidad tecnológica suelen ser altos en sectores tecnológicamente avanzados, además suelen desarrollar aceleradamente nuevo conocimiento (Park Lee, 2006). Los campos tecnológicos que comprende el sector tecnológicamente moderno son los siguientes:(a) Cómputo y Comunicaciones; (b) Medicina y Farmacia; y (c) Eléctrica y Electrónica.

Tabla 2.6: Sector tecnológicamente tradicional

No.	Campo Tecnológico	No.	Sub-Campo Tecnológico	US Classification
1	Química	11	Agricultura, Alimentos, Textiles	8, 19, 71, 127, 442, 504
		12	Recubrimientos	106, 118, 401, 427
		13	Gas	48, 55, 95, 96
		14	Componentes Orgánicos	532, 534, 536, 540, 544, 546, 548, 549, 552, 554, 556, 558, 560, 562, 564, 568, 570
		15	Resinas	520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 530
		19	Miscelánea Química	23, 34, 44, 102, 117, 149, 156, 159, 162, 196, 201, 202, 203, 204, 205, 208, 210, 216, 222, 252, 260, 261, 349, 366, 416, 422, 423, 430, 436, 494, 501, 502, 510, 512, 516, 518, 585, 588
5	Mecánica	51	Procesamiento de Materiales y Manufactura	65, 82, 83, 125, 141, 142, 144, 173, 209, 221, 225, 226, 234, 241, 242, 264, 271, 407, 408, 409, 414, 425, 451, 493
		52	Metalurgia	29, 72, 75, 76, 140, 147, 148, 163, 164, 228, 266, 270, 413, 419, 420
		53	Motor y Partes	91, 92, 123, 185, 188, 192, 251, 303, 415, 417, 418, 464, 474, 475, 476, 477
		54	Óptica	352, 353, 355, 359, 396, 399, 720
		55	Transporte	104, 105, 114, 152, 180, 187, 213, 238, 244, 246, 258, 280, 293, 295, 296, 298, 301, 305, 410, 440
		59	Miscelánea Mecánica	7, 16, 42, 49, 51, 74, 81, 86, 89, 100, 124, 157, 184, 193, 194, 198, 212, 227, 235, 239, 254, 267, 291, 294, 384, 400, 402, 406, 411, 453, 454, 470, 482, 483, 492, 508
6	Otros	61	Agricultura, Alimentos, Textiles	43, 47, 56, 99, 111, 119, 131, 426, 449, 452, 460
		62	Equipo de Entretenimiento	273, 446, 463, 472, 473
		63	Vestido y Textiles	2, 12, 24, 26, 28, 36, 38, 57, 66, 68, 69, 79, 87, 112, 139, 223, 450
		64	Excavación	37, 166, 171, 172, 175, 299, 405, 507
		65	Muebles	4, 5, 30, 70, 132, 182, 211, 256, 297, 312
		66	Calefacción	110, 122, 126, 165, 237, 373, 431, 432
		67	Tuberías y ensamblaje	138, 277, 285, 403
		68	Recipientes	53, 206, 215, 217, 220, 224, 229, 232, 383
		69	Miscelánea	1, 14, 15, 27, 33, 40, 52, 54, 59, 62, 63, 84, 101, 108, 109, 116, 134, 135, 137, 150, 160, 168, 169, 177, 181, 186, 190, 199, 231, 236, 245, 248, 249, 269, 276, 278, 279, 281, 283, 289, 292, 300, 368, 404, 412, 428, 434, 441, 462, 503

Fuente: Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001)

Tabla 2.7: Sector tecnológicamente moderno

No.	Campo Tecnológico	No.	Sub-Campo Tecnológico	US Classification
2	Cómputo y Comunicaciones	21	Comunicaciones	178, 333, 340, 342, 343, 358, 367, 370, 375, 379, 385, 455, 719
		22	Cómputo: Hardware & Software	341, 380, 382, 395, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 712, 713, 714, 726, 717
		23	Cómputo: Periféricos	345, 347
		24	Cómputo: Almacenamiento de Información	360, 365, 369, 711, 716, 718, 725
3	Medicina y Farmacia	31	Medicamentos	424, 514
		32	Instrumentos Médicos y Quirúrgicos	128, 600, 601, 602, 604, 606, 607
		33	Biotecnología	435, 800
		39	Miscelánea Farmacéutica	351, 433, 623
4	Eléctrica y Electrónica	41	Aparatos Eléctricos	174, 200, 327, 329, 330, 331, 332, 334, 335, 336, 337, 338, 392, 439
		42	Iluminación Eléctrica	313, 314, 315, 362, 372, 445
		43	Instrumentos de Medida Observación	73, 324, 356, 374
		44	Rayos X y Nucleares	250, 376, 378
		45	Sistemas de Energía	60, 136, 290, 310, 318, 320, 322, 323, 361, 363, 388, 429
		46	Semiconductores	257, 326, 438, 505
		49	Miscelánea Eléctrica	191, 218, 219, 307, 346, 348, 377, 381, 386

Fuente: Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001)

Los campos tecnológicamente modernos poseen alta oportunidad de generación de nuevo conocimiento tecnológico, caracterizado por un importante dinamismo tecnológico con cambio tecnológico acelerado e innovaciones frecuentes a nivel internacional (Marsili, 2002). En el sector moderno se requieren empresas flexibles que sean capaces de reaccionar con éxito a los cambios externos del progreso tecnológico, a través de su capacidad de absorción, es decir, su capacidad para asimilar tecnologías generadas externamente (Cohen y Levinthal, 1990). En los campos del sector moderno la probabilidad de generar una innovación radical es más alta, esto genera discontinuidades tecnológicas, creando nuevas tecnologías y provocando la obsolescencia del conocimiento en otras tecnologías (Revilla & Fernández, 2012). Por lo tanto, en este sector los mercados poseen una mayor especialización

de conocimiento que representa mayor valor y complejidad. La especialización de las empresas y naciones en campos tradicionales les dificultará trasladarse a áreas competitivas de mayor especialización, debido a que necesita desarrollar capacidades y dirigir esfuerzo hacia campos tecnológicamente modernos que les permitan insertarse en tecnologías novedosas requeridas por el mercado mundial.

Tabla 2.8: Número total de patentes en comparación de las clasificadas en 001

Países		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Corea del Sur	Total	12499	13253	14101	15648	18171	20231	22117	22996	22126
	CCL 001	4	1	3	1	2	11116	19609	21020	20286
	Proporción	0.03%	0.01%	0.02%	0.01%	0.01%	54.95%	88.66%	91.41%	91.68%
Alemania	Total	12421	11853	13722	14963	16097	16179	16117	16892	15832
	CCL 001	5	3	2	4	1	9166	14830	15666	14666
	Proporción	0.04%	0.03%	0.01%	0.03%	0.01%	56.65%	92.01%	92.74%	92.64%
México	Total	51	82	83	123	140	94	96	167	107
	CCL 001	0	0	0	0	0	50	77	114	90
	Proporción	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	53.19%	80.21%	68.26%	84.11%
Brasil	Total	111	150	131	149	192	232	212	230	202
	CCL 001	0	0	0	0	0	115	152	195	157
	Proporción	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	49.57%	71.70%	84.78%	77.72%

Fuente: elaboración propia a partir de USPTO, 2022.

En forma de hipótesis se espera encontrar que los países desarrollados que poseen mayor ingreso generen un nivel mayor de capacidades tecnológicas nacionales respecto a los países desarrollados, y que dirijan sus capacidades y esfuerzos de creación de nuevo conocimiento tecnológico principalmente hacia campos del sector tecnológicamente moderno. Mientras que se espera que el nivel de capacidades tecnológicas nacionales de los países en desarrollo para la creación de nuevo conocimiento tecnológico se especialice en el sector tecnológicamente tradicional. Sin embargo, esta metodología de clasificación por campo y subcampo tecnológico posee dos limitantes:

1. No consideran las siguientes clasificaciones (US classification) establecidas por la USPTO: 398: Comunicaciones ópticas; 506: Tecnología química combinatoria: métodos, libros y aparatos; 715: Procesamiento de datos: presentación de documentos, interfaz de operador y visualización de protector de pantalla; 850: Técnicas o aparatos de exploración con sonda; 901: Robots; 902: Transferencia electrónica de fondos; 903: Vehículos eléctricos híbridos; 930: Secuencia de péptido

o proteína; 968: Relojería; 976: Tecnología nuclear; 977: Nanotecnología; 984: Instrumentos musicales; y 987: Compuestos orgánicos que contienen un átomo bi, sb, as o p o que contienen un átomo metálico del sexto al octavo grupo del sistema periódico. Estas clasificaciones representan 11 clasificaciones tecnológicas que pertenecen al sector moderno, excepto por dos que se refieren a la relojería y los instrumentos musicales que pertenecen al sector tecnológicamente tradicional. Por lo tanto, es necesario revisar si el conocimiento tecnológico de las naciones se ha dirigido a estas nuevas clasificaciones que al pertenecer en su mayoría al sector moderno representaría la intención estratégica de explorar nuevas tecnologías.

2. A partir del año 2015 las clasificaciones de USPTO poseen una distribución diferente, ahora es mayor el número de patentes que se encuentran en la clasificación 001¹⁶ denominada como otros, pero se refiere a las patentes no clasificadas dentro de las 437 clases. Por lo tanto, existe una pérdida de información importante en cuanto al seguimiento de la evolución de las patentes por clasificación tecnológica a partir del año 2015, representado en la tabla 2.8. La tabla 2.8 presenta la evolución del 2010 al 2018 del número de patentes sin clasificación tecnológica respecto al número total de patentes, para representarlo se calcula un porcentaje de proporción de la relación entre el número total de patentes concedidas en USPTO y el número de patentes en la clasificación 001. Para los cuatro países hasta el año 2014 la pérdida de información por clasificación tecnológica era solo del 0.01%, posteriormente en el 2015 la pérdida de información se incrementó radicalmente, el país que menos perdió fue Brasil con un 49.57% y el país que más perdió fue Alemania con un 56.65% de las patentes sin clasificación, lo que representa un problema para la clasificación de patentes por campo tecnológico. Posteriormente la pérdida de información se incrementa año con año hasta el 2018, donde se pierde más del 75% de la información para todos los países, los países que más información pierden son Alemania y Corea del Sur con un 91.68% y 92.64% de proporción de patentes sin clasificación tecnológica en USPTO, respectivamente. Wang et al. (2016) identifican que en 2014 la USPTO implementa una nueva versión de clasificaciones, lo que explica las dificultades de clasificación

¹⁶ Las patentes utilizan la clasificación 001 cuando el registro de una patente está incompleto y no contiene clasificación primaria o si la USPTO no puede asignar códigos de tecnología específicos a la patente (Wang et al., 2016).

tecnológica de las patentes a partir de ese año. Otra posible explicación para la pérdida de información es que la USPTO no ha logrado actualizar sus bases de datos de clasificación de patentes, debido a que, como se establece en la gráfica 2.3 las solicitudes y concesiones de patentes ha aumentado enormemente en los últimos años, por lo que posiblemente las capacidades administrativas de USPTO no han sido suficientes para atender esta creciente demanda de derechos de propiedad intelectual.

2.2.3 Fase 3: Cálculo del índice de capacidades tecnológicas nacionales y la brecha tecnológica

Esta fase se emplea para responder a las siguientes dos preguntas de investigación ¿Cómo ha evolucionado el índice de capacidades tecnológicas? Y ¿Cuál es la magnitud de la brecha tecnológica que existe entre los países de América Latina y los desarrollados? El índice de capacidades tecnológicas nacionales es una medida estadística utilizada para comparar entre países la evolución del conjunto de las diversas fuentes de conocimiento tecnológico que evoluciona en el tiempo a partir de los esfuerzos de inversión y dotación de recursos en el capital humano, la infraestructura tecnológica y su actividad de innovación para la creación y absorción eficiente de nuevo conocimiento tecnológico. Este índice se ha calculado por autores como Archibugui & Coco (2004), Geronikolaou & Mourmouris (2015) y Sharma et al. (2021). Principalmente, se han desarrollado dos métodos distintos. El primer método utilizado por Archibugui & Coco para calcular el índice ArCo consiste en estandarizar cada uno de los indicadores que serán utilizados para construir el índice de capacidades tecnológicas. En ese estudio, calcularon el índice ArCo para dos subperiodos de tiempo, uno para el subperiodo de 1987 a 1990, otro para el subperiodo de 1997 a 2000. Se utilizaron ambos periodos para identificar la evolución de las capacidades tecnológicas en esa década. Por lo tanto, la estandarización de los indicadores utilizados para construir el índice ArCo se realizó con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{OBS_{present} - Min_{past}}{Max_{present} - Min_{past}}, \quad 0 \leq I \leq 1 \quad (2.1)$$

Donde:

Min_{past} : es el valor mínimo del indicador presentado por un país i en el pasado (1987 o 1997, según corresponda). Este valor será un parámetro constante para estandarizar el indicador de todos los países.

$Obs_{present}$: es el valor observado del indicador del país seleccionado para estandarizar. Este valor será variable, dependiendo del país seleccionado.

$Max_{present}$: es el valor máximo del indicador presentado por un país i en el presente (1990 o 2000, según corresponda). Este valor será un parámetro constante para estandarizar el indicador de todos los países.

Se utilizan dos subperiodos, cada periodo tendrá un año pasado y un año presente. Los países considerados en el estudio experimentaron algún tipo de progreso a lo largo de los subperiodos, por lo que los valores mínimos se asignan al pasado (1987 y 1997) y los valores máximos y observados se representan por el presente (1990 y 2000).

Posteriormente, una vez que se han estandarizado todos los indicadores de todos los países, se agrupan a partir de un promedio simple en el índice de capacidades tecnológicas $ArCo$, a través de la siguiente fórmula:

$$ArCo = \sum_{i=1}^n \lambda_i I_i, \quad \lambda_i = \frac{1}{n} \quad (2.2)$$

Donde:

$ArCo$: índice de capacidades tecnológicas nacionales

n : Número de indicadores

I_i : Valor del indicador estandarizado para cada país i

λ : Constante de proporcionalidad inversa del número de indicadores.

Sharma (2021) también utiliza este primer método. Sin embargo, su estudio es un cálculo de capacidades tecnológicas para 36 países del 2000 al 2015 de manera anual, por lo que no divide en subperiodos, recurre a utilizar la fórmula de forma anual de la siguiente forma:

$$I = \frac{\text{Observed value} - \text{Minimum value}}{\text{Maximum value} - \text{Minimum value}}, \quad 0 \leq I \leq 1 \quad (2.3)$$

Donde:

Observed value: es el valor observado del indicador del país seleccionado con el que se está estandarizando.

Minimum value: es el valor mínimo observado del indicador en un año específico. Es el valor del país con menor desempeño del indicador en un año específico.

Maximum value: es el valor máximo observado del indicador en un año específico. Es el valor del país con mayor desempeño del indicador en un año específico.

Este proceso permite estandarizar anualmente los indicadores seleccionados para el estudio, y presentar la evolución en un periodo de tiempo de los índices de capacidades tecnológicas nacionales. Además, Sharma (2021) integra una forma de cálculo de la brecha tecnológica a través de la diferencia del índice de capacidades tecnológicas entre el país líder y los otros países seleccionados.

$$\text{Brecha tecnológica} = IT(\text{país líder}) - IT(\text{país seleccionado}) \quad (2.4)$$

Mientras que el segundo método utilizado por Geronikolaou & Mourmouris (2015) consiste en un método de toma de decisiones multicriterio (promethee II) para obtener un índice de capacidades tecnológicas. Es un método de clasificación superior que permite la construcción de una relación de rango superior. Se basa en extensiones de la noción de criterios que pueden ser construidos por el tomador de decisiones para representar la noción natural de intensidad de preferencia¹⁷ y los parámetros que se van a fijar que por medio de promethee II se genera una clasificación total sobre el conjunto de acciones posibles (Brans & Vincke, 1985). Entonces el método introduce una función de preferencia que otorga la preferencia que definirá por separado para cada criterio integrado; su valor estará entre 0 y 1.

Este segundo método utilizado Geronikolaou & Mourmouris (2015) posee un criterio de peso de variables, un criterio de grado de preferencia y una función de preferencia. En el primer

¹⁷ Modelización de las preferencias del decisor para cada función de criterio considerada por el tomador de decisiones, la noción natural generará un índice de preferencia a partir de las funciones de criterio consideradas por el decisor (Brans & Vincke, 1985).

criterio se establecen los pesos que tendrán cada una de las variables en el índice de capacidades mediante una ecuación de centroide ordenado por rango¹⁸ que calcula un número que estima el peso de cada indicador dentro de las capacidades tecnológicas nacionales. El segundo criterio establece que los valores del índice de capacidades tecnológicas solo pueden encontrarse entre el cero y el uno. Finalmente, la función de preferencia establece que el número asignado a cada país representa cuánto cada país sobrepasa y es superado por los otros países incorporados en el análisis.

La diferencia central entre los métodos es la cantidad de indicadores que pueden incorporar, en el primer método, el incorporar n indicadores no complejiza el cálculo debido a que se estandariza individualmente cada indicador. Sin embargo, en el segundo método al construir un sistema de ecuaciones para definir los criterios de valor de cada indicador, se complejiza al integrar un número elevado de indicadores. Otra diferencia relevante es la practicidad para trabajar diferentes números de países, en el primer método es necesario replicar la ecuación en cada país para la construcción del índice, mientras que en el segundo método la función de preferencia permite generar un ranking para un número grande de países.

Para la finalidad de este estudio que contiene cuatro países y ocho indicadores utilizaremos el primer método, enfatizando en la metodología de Sharma (2021) debido a que este método permite incorporar los ocho indicadores sin complejizar las ecuaciones utilizadas para el cálculo. Además, permitirá obtener resultados por cada dimensión de indicadores, creando datos comparables sobre la evolución del índice y sus partes constitutivas por dimensión de indicadores y por indicador. En cambio, el segundo método es útil para construir un ranking de diferencias tecnológicas con un conjunto limitado de indicadores y muchos países. Se construye un índice de capacidades tecnológicas nacionales (ICTN) que describe de forma aproximada los niveles de capacidades tecnológicas e innovación de las naciones. Para realizar el cálculo del ICTN que exprese la brecha tecnológica entre los países incorporados en el análisis, se estandarizaron los indicadores a través de la ecuación 2.3 utilizada por Sharma (2021) para obtener resultados anuales y construir anualmente el ICTN.

¹⁸ El centroide ordenado por rango es un método de ponderación que identifica el rendimiento más alto en términos de la mejor alternativa bajo los pesos de los atributos clasificados por el decisor (Ahn, 2011).

Una vez estandarizados los indicadores, es necesario construir cada una de las dimensiones de indicadores para apreciar la evolución comparativamente de estas dimensiones. Por lo tanto, se utiliza la ecuación 2.5, para la primera dimensión al tener cuatro indicadores se utilizará un $n=4$, mientras que, al tener dos indicadores en la segunda y tercera dimensión, se utiliza un $n=2$. Posteriormente para el cálculo del ICTN se utilizará la ecuación 2.6 que integrará las tres dimensiones de indicadores en el índice.

$$DI_{ij} = \sum_{i=1}^n \lambda_i I_i, \quad \lambda_i = \frac{1}{n} \quad (2.5)$$

Donde:

DI_i : Dimensión de indicadores i del país j

n : Número de indicadores de la dimensión i

I_i : Valor de los indicadores estandarizados para la dimensión i

λ : Constante de proporcionalidad inversa del número de indicadores de la dimensión i

$$ICTN_i = \sum_{i=1}^n \lambda DI_i, \quad \lambda_i = \frac{1}{n}, \quad n = 3, \quad i: 1, \dots, 4 \quad (2.6)$$

$$0 \leq ICTN_i \leq 1$$

Donde:

$ICTN_i$: Valor del índice de capacidades tecnológicas nacionales del país i .

λ : Constante de proporcionalidad inversa del número de dimensiones de indicadores que conformarán el índice de capacidades tecnológicas nacionales.

DI : valor de las dimensiones de los indicadores del país i .

Finalmente, la brecha tecnológica entre dos países es representada como la diferencia de sus respectivos índices de capacidades tecnológicas entre los países desarrollados y los países de América Latina. Representado de la siguiente fórmula:

$$BT_{ij} = ICTN_i - ICTN_j, \quad ICTN_i > ICTN_j \quad (2.7)$$

Donde:

BT_{ij} : El valor de la brecha tecnológica del país i respecto al país j.

$ICTN_i$: Valor del índice de capacidades tecnológicas nacionales del país i.

$ICTN_j$: Valor del índice de capacidades tecnológicas nacionales del país j.

Se espera que en los países desarrollados se posean altos niveles de capacidades tecnológicas, un alto nivel de recursos base con una cantidad alta de capital humano e infraestructura tecnológica, así como un nivel adecuado de esfuerzos en gasto para investigación y desarrollo y capital humano para seguir generando capacidades a través del tiempo. Además, los países desarrollados, al tener un alto nivel de recursos base y un continuo esfuerzo en gasto para el desarrollo de capacidades, poseerán una mayor producción de nuevo conocimiento tecnológico. Mientras que en los países en desarrollo se espera tengan un nivel bajo de dotación inicial de recursos base para la generación de capacidades tecnológicas por lo que se esperaría un nivel de esfuerzo alto en gasto para intentar disminuir la brecha respecto a las naciones líderes. Sin embargo, la educación y la investigación y desarrollo son procesos largos, aunque se debería de comenzar a notar una mayor producción de conocimiento en los países en desarrollo. Este proceso metodológico permite la realización del análisis en el siguiente capítulo. La distribución de las patentes por clasificación tecnológica en mapas tecnológicos permite analizar la evolución de la producción de conocimiento tecnológico entre los sectores tecnológicamente tradicionales y modernos de las naciones. Mientras que el cálculo del índice de capacidades tecnológicas nacionales permitirá analizar la evolución de las capacidades tecnológicas nacionales de los países del 2000 al 2018 y las distancias que existen entre los países.

Capítulo 3: Contextos de crecimiento económico y desarrollo social

En este capítulo se describe el contexto de crecimiento y desarrollo de los países seleccionados en este estudio (Alemania, Corea del Sur, Brasil y México), así como del Índice global de innovación y el Índice de competitividad global para describir el estado de las capacidades tecnológicas nacionales de los países incorporados al análisis. En la primera parte del capítulo se presentará el contexto del crecimiento de las cuatro economías incorporadas en el análisis, donde se describen sus niveles de producto interno bruto per cápita y su relación con la producción de conocimiento tecnológico codificado en patentes. Posteriormente se revisarán indicadores que describen el desarrollo de las naciones como la esperanza de vida y el coeficiente de Gini. Finalmente, para representar el índice de capacidades tecnológicas a partir de indicadores de factores sociales, se revisarán el índice global de innovación y el índice de competitividad global. Estos indicadores permiten caracterizar aspectos relevantes de esas economías y eventualmente podrá realizarse un estudio más detallado que incluya estos aspectos en el análisis de las capacidades tecnológicas nacionales. En este estudio se exploran como parte de las diferencias y elementos comunes que mantienen estos países.

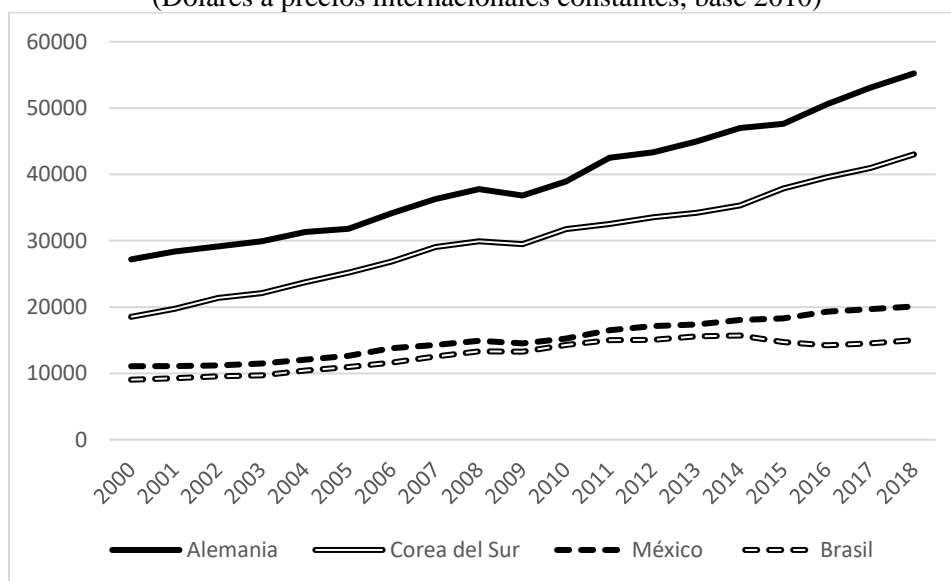
3.1 Crecimiento de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil

Los países desarrollados y los países de América Latina poseen contextos económicos distintos que se caracterizan por un desempeño diverso en las variables que describen su crecimiento y desarrollo. El crecimiento y desarrollo son conceptos relevantes que se utilizan para caracterizar y calificar los cambios que se producen en la economía de los países (Ortiz et al., 2020).

El crecimiento económico caracteriza el incremento de productos y servicios de una nación de un periodo económico a otro (Ortiz et al., 2020). El producto interno bruto (PIB) es el indicador que representa el crecimiento económico, mide la producción y refleja el crecimiento al comparar en dos momentos de tiempo los bienes y servicios producidos por un país (ONU, 2015). En la gráfica 3.1 se describe el PIB per cápita en valores absolutos de los países seleccionados en el estudio para representar el volumen de sus bienes y servicios respecto a su población.

Las tasas de crecimiento del PIB per cápita en los cuatro países (2000-2018), muestran un incremento sostenido, excepto en el año 2009, cuando todos presentaron un crecimiento negativo, presumiblemente, debido a la crisis financiera internacional¹⁹. El PIB per cápita de Alemania es el de mayor magnitud, comienza el periodo con un valor de 28 mil dólares per cápita y termina el periodo casi duplicándose con un valor de 55 mil dólares, además la tasa de crecimiento promedio anual es del 4 %. Para el caso de Corea del Sur es la segunda nación con mayor volumen, terminando el periodo con un valor de PIB de 43 mil dólares per cápita, representando un 77% del PIB per cápita de Alemania, sin embargo, Corea del Sur posee la mayor tasa de crecimiento de estos cuatro países con un valor promedio del 4.8%.

Gráfica 3.1: PIB per cápita de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil (Dólares a precios internacionales constantes, base 2010)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022).

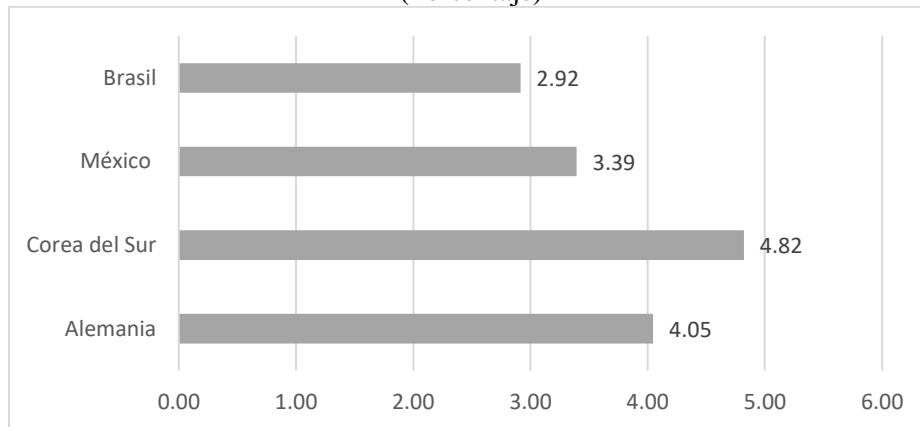
Las dos economías de América Latina son las que presentan un menor nivel de PIB per cápita que no representa ni la mitad del PIB de las economías desarrolladas. Para el caso de México el PIB al final del periodo obtiene un valor de 20 mil dólares per cápita, lo que lo posiciona en el tercer lugar de valor de PIB y de tasa de crecimiento con un valor promedio anual del 3.4%. Finalmente, Brasil es la nación que posee el menor valor de PIB al iniciar y finalizar

¹⁹ La crisis tuvo su origen en el problema de las hipotecas subprime de baja calidad en USA, que repercutió de forma negativa en la economía mundial. El problema de información asimétrica sobrevaloró a estos activos inmobiliarios ocasionando la burbuja financiera que detonó la crisis (De la Luz Juárez, 2015).

el periodo, terminando con un valor de 15 mil dólares per cápita, además posee el menor valor de tasa de crecimiento promedio anual con un valor del 2.9%.

En el estudio de Ali et al. (2018) se identifica que un mayor nivel en el PIB afecta positivamente en la inversión para generar un mayor *stock* de capital humano y a su vez este nivel de capital humano a través de unas capacidades tecnológicas nacionales sólidas, lograrán afectar positivamente en el crecimiento económico. Como se presenta en la gráfica 3.2 mediante los datos de tasas de crecimiento promedio anual, los países desarrollados poseen mayores niveles de crecimiento, causando que la distancia de recursos disponibles para el desarrollo de las capacidades tecnológicas nacionales sea cada vez mayor.

Gráfica 3.2: Tasa media de crecimiento del PIB per cápita 2000-2018 (Porcentaje)



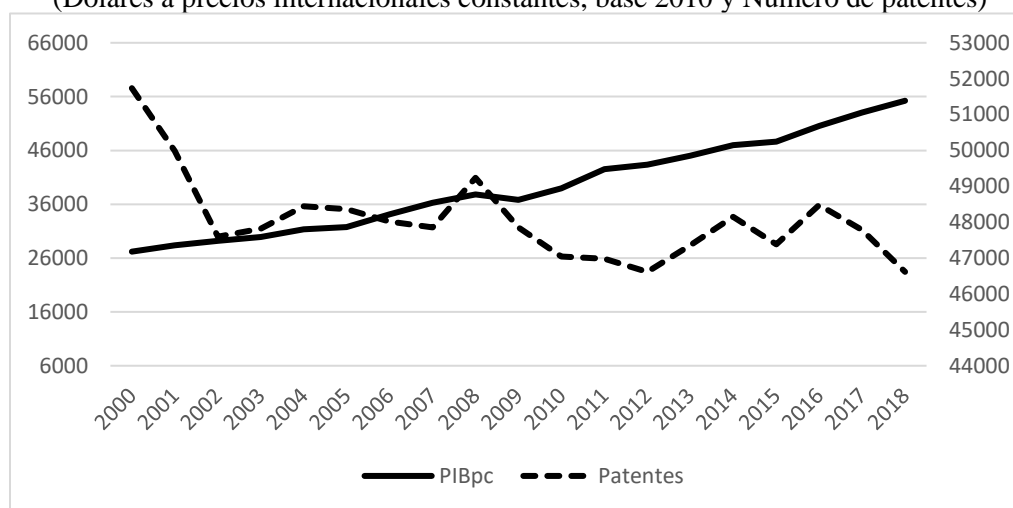
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022).

Para profundizar el contexto y la relación del crecimiento con la producción de conocimiento tecnológico de las naciones, se realiza una comparación del PIB per cápita y las solicitudes de patentes de residentes. Las siguientes cuatro gráficas presentan las tendencias de las solicitudes de patentes y el PIB per cápita para los países de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México. Se realizaron los gráficos con un doble eje, donde el primero se refiere a los dólares per cápita y el segundo son las patentes que han solicitado en el periodo del 2000 al 2018.

La razón de utilizar las solicitudes de patentes en este análisis, en lugar de las patentes concedidas, es porque las solicitudes de patentes no dependen de los periodos de tiempo de la burocracia de las oficinas de patentes, así que las solicitudes de patentes reflejan una fecha más cercana a la actividad inventiva de las empresas (Vlčková et al, 2018). Sin embargo, las solicitudes de patentes no miden el valor económico, y el valor de la mayoría de estas patentes

podría ser nulo al no concederse, pero son un proxy de la actividad inventiva y de innovación de las naciones (Hall et al., 2001; Vlčková et al., 2018). Por lo tanto, se espera que la tendencia de las solicitudes de patentes en cada año pueda ser comparable con la tendencia del PIB per cápita.

Gráfica 3.3: Solicitudes de patentes y PIB per cápita de Alemania
(Dólares a precios internacionales constantes, base 2010 y Número de patentes)



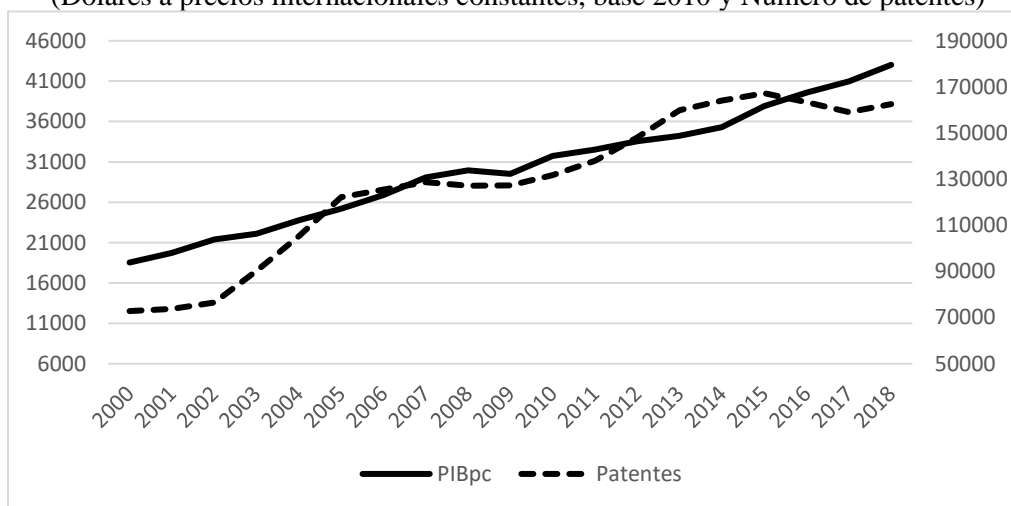
Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial (2022) y USPTO (2022).

En los datos de Alemania presentados en la gráfica 3.3, se observa que las tendencias son contrarias, el PIB per cápita muestra un crecimiento positivo, mientras que para las solicitudes de patentes de Alemania el crecimiento es negativo, representando una tasa de crecimiento promedio anual del -0.5% . Vlčková et al. (2018) en su estudio identifican que las solicitudes de patentes de residentes y no residentes continúa en constante aumento, siendo Alemania uno de los países de Europa que más patenta, pero relativamente la participación global de los inventores residentes ha disminuido en las solicitudes contabilizadas en la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual por el auge de los mercados emergentes como el de China. Sin embargo, las concesiones de patentes de Alemania en oficinas extranjeras como la de USPTO muestran un continuo aumento, a pesar de la reducción en las solicitudes de patentes de residentes.

Para el caso de Corea del Sur se presenta la gráfica 3.4, en la que se aprecian tendencias positivas en ambos indicadores, existe una relación positiva entre el crecimiento del PIB de Corea del Sur y la producción de nuevo conocimiento. Es el país con mayores tasas de crecimiento en el PIB lo que refleja el alto crecimiento en sus solicitudes de patentes con una

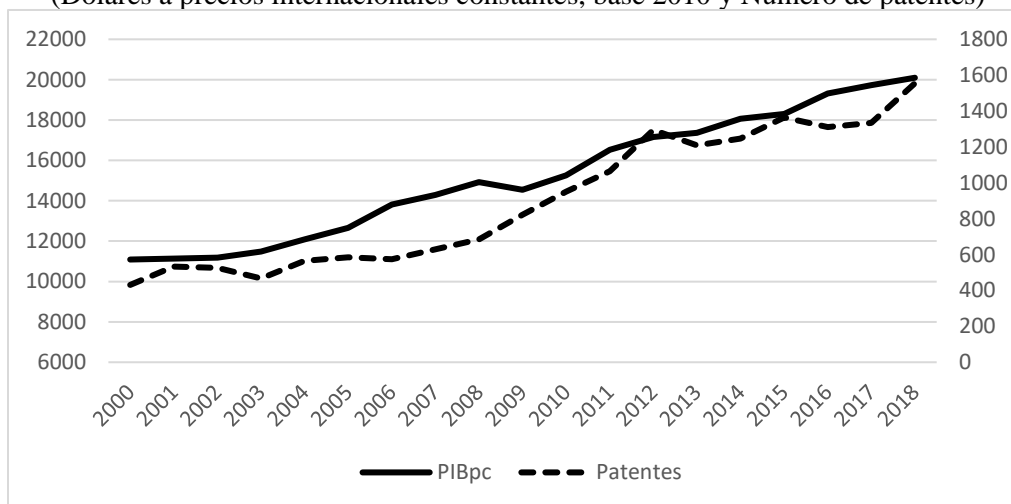
tasa de crecimiento promedio anual del 4.7%. Este incremento es similar a la tasa de crecimiento promedio anual del PIB del 4.8%, tasas que han permitido que se multiplique por más del doble (2.3 veces) las solicitudes de patentes en el periodo de tiempo analizado del 2000 al 2018.

Gráfica 3.4: Solicitudes de patentes y PIB per cápita de Corea del Sur
(Dólares a precios internacionales constantes, base 2010 y Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial (2022) y USPTO (2022).

Gráfica 3.5: Solicitudes de patentes y PIB per cápita de México
(Dólares a precios internacionales constantes, base 2010 y Número de patentes)



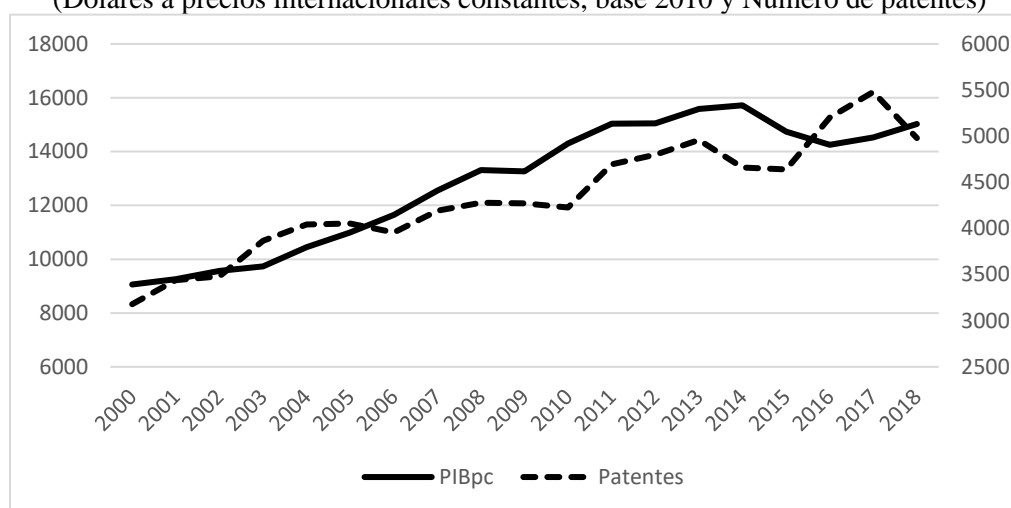
Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial (2022) y USPTO (2022).

Para el caso de los países de América Latina, se observa en las gráficas 3.5 y 3.6 que ambos países poseen relaciones positivas entre el PIB y las solicitudes de patentes. Para el caso de México en la gráfica 3.5 se identifica una relación muy fuerte entre ambos indicadores,

aunque las solicitudes de patentes han logrado tasas de crecimiento del 7.8%, siendo al menos un cuatro por ciento más alto que las tasas de crecimiento del PIB per cápita.

Mientras que, para el caso de Brasil, presentado en la gráfica 3.6, también existe una relación fuerte entre el PIB y la producción de nuevo conocimiento en solicitudes de patentes. Incluso entre los años del 2006 al 2016 se observa que poseen oscilaciones similares ambos indicadores. En este país también las tasas de crecimiento promedio anual de sus solicitudes de patentes son parecidas a las tasas del PIB, representado por tasas del 2.6% para las solicitudes de patentes y del 2.9% para el PIB per cápita.

Gráfica 3.6: Solicitudes de patentes y PIB per cápita de Brasil
(Dólares a precios internacionales constantes, base 2010 y Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial (2022) y USPTO (2022).

En la descripción de las diferencias de Producto Interno Bruto se identifica que los países desarrollados disponen de mayor cantidad de bienes y servicios para destinarse a la construcción de sus capacidades tecnológicas nacionales, así como para invertir en la generación de capital humano calificado y en actividades de investigación y desarrollo. Por lo tanto, las economías de América Latina poseen menos de la mitad de los recursos disponibles en comparación con los países desarrollados para la creación de capacidades tecnológicas nacionales, lo que podría ser un elemento explicativo de la brecha tecnológica entre estos países. Además, las solicitudes de patentes representan la actividad inventiva de estos países, donde las solicitudes de patentes de los países desarrollados es al menos el doble de las solicitudes de los países desarrollados, cuestión que es fundamental en el contexto de economía del conocimiento porque las patentes funcionan como medida de la innovación y

generación de nuevas ideas que son fundamentales para el crecimiento económico en el largo plazo (Robledo & Saavedra, 2016). Estos elementos representan la existencia de una brecha tecnológica y las dificultades que poseen las naciones de América Latina para revertirla.

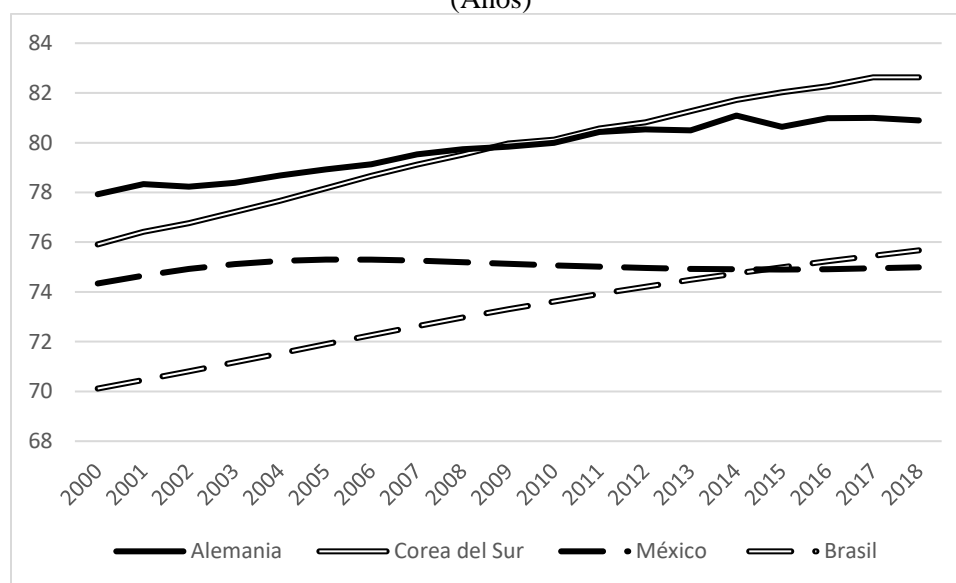
3.1 Desarrollo de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil

El crecimiento puede promover el desarrollo humano a medida que la base de recursos se amplía (Ranis & Stewart, 2002). Sin embargo, son conceptos diferentes, el desarrollo en comparación al crecimiento se refiere al aumento cualitativo de las naciones en el mejoramiento de las condiciones sociales, con el objetivo de promover y mantener la prosperidad de su población (ONU, 2015). El desarrollo involucra como elementos de análisis la mejor distribución de la riqueza, la atención a las necesidades básicas de la población, y la ampliación de las opciones y capacidades de las personas para el desenvolvimiento de su vida (Valcárcel, 2006 citado en Ortiz et al., 2020). Por lo tanto, para caracterizar el desarrollo de las naciones se emplea el indicador de esperanza de vida para identificar las opciones de desenvolvimiento de vida de las personas representado en la gráfica 3.7, y el coeficiente de GINI que permite identificar la desigualdad de los ingresos dentro de una nación, coeficiente expresado en la gráfica 3.8.

La gráfica 3.7 representa la esperanza de vida de las cuatro naciones. Este indicador es relevante debido a que es un explicativo de las condiciones de vida que poseen las personas de una nación, así como sus personas altamente calificadas fundamentales para la conformación de capacidades tecnológicas nacionales. Al inicio del periodo, en el año 2000 se observa que Alemania es el país con mayor esperanza de vida, además posee una tasa de crecimiento promedio anual del .2%. Sin embargo, hacia el final del periodo se observa que Alemania posee una esperanza de vida de 80.8 años convirtiéndose en el segundo país con mayor esperanza de vida. Corea comienza el periodo como la segunda nación con mayor esperanza de vida con 75.9 años, pero al final del periodo se convierte en el país con mayor esperanza de vida superando a Alemania con 82.6 años, lo cual logra a partir de ser el país con mayores tasas de crecimiento de esperanza de vida, con tasas del más de doble respecto a Alemania con un valor promedio del .47%.

Los dos países de América Latina en este indicador también poseen los valores más bajos. Sin embargo, al inicio del periodo México tenía valores comparables con los de Corea del Sur con una esperanza promedio de 74.3 años, pero a lo largo del periodo obtuvo tasas de crecimiento más bajas, incluso del 2006 al 2015 obtuvo tasas de crecimiento negativas, lo que provocó que al final del periodo obtuviera un valor similar a la inicial de 75 años de esperanza de vida con una tasa de crecimiento promedio anual del .04%. Finalmente, Brasil comienza el periodo con el menor valor de esperanza de vida con 70.1 años, pero a lo largo del periodo a partir del año 2015 logra superar la esperanza de vida de México ya que cierra el periodo con un valor de 75.6 años. Además, Brasil posee una tasa de crecimiento promedio anual de esperanza de vida del .4% muy superior a la de Alemania (poco más del doble) y comparable a la de Corea del Sur.

Gráfica 3.7: Esperanza de vida en Alemania, Corea del Sur, México y Brasil (Años)



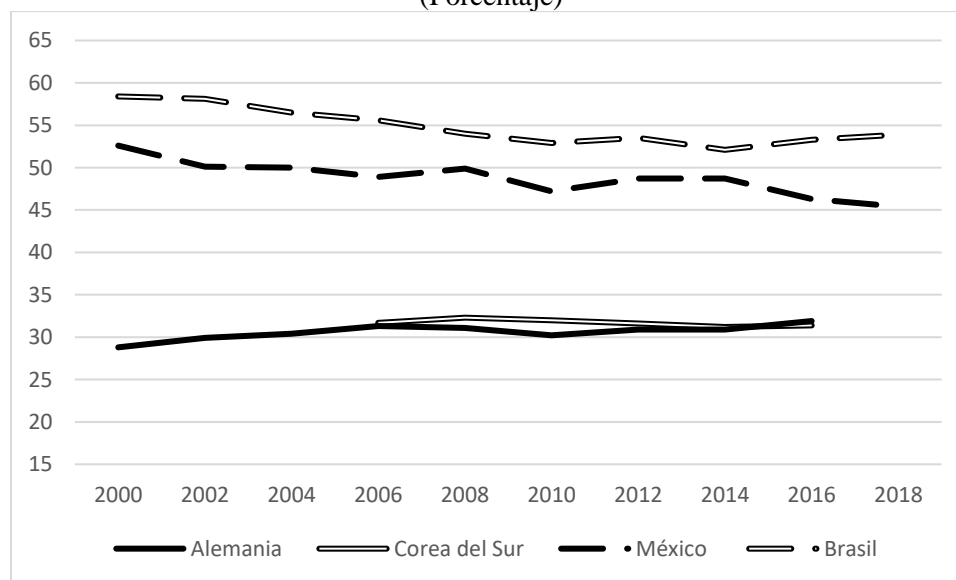
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022).

Estos valores de esperanza de vida para las economías de América Latina indican que poseen un menor desarrollo que consiste en gran medida en la eliminación de varios tipos de falta de libertad que impiden el desarrollo de las capacidades de las personas (Sen, 1990). Sen & Kilksberg (2007) postulan que las capacidades dependen de derechos (*entitlement*) referidos al sustento de vida y autoestima (autorrespeto e independencia), son representados por el conjunto de bienes que una persona puede disponer en una sociedad: alimentación, educación, relaciones sociales, condiciones de transporte, etc. Estos elementos influyen en la

esperanza de vida de las naciones, reflejando su bienestar. Por lo tanto, los países de América Latina poseen una mayor falta de libertades y menores capacidades, ocasionando que su población y el subconjunto de personas altamente calificadas tengan una menor calidad de vida respecto a los países desarrollados, lo que impide el desarrollo de las capacidades de su población, afectando a sus esfuerzos de investigación y de producción de nuevo conocimiento tecnológico.

En la gráfica 3.8 se presenta el Índice de Gini para explorar un indicador relevante de la desigualdad en la distribución del ingreso en las naciones desarrolladas y de América Latina. El índice es una referencia del bienestar y equidad de las naciones, en el cual la interpretación del índice se puede dividir en dos categorías descritas por Medina (2001): a) cuando el índice se aproxima a 100 representa que dentro de la nación existe una gran desigualdad de ingreso, si el índice tomará el valor de 100 representaría una desigualdad máxima en la que una persona es propietaria de todo; y b) cuando el índice se aproxima a cero, significa que dentro de una nación existe una mayor equidad en la distribución del ingreso, si el índice obtuviera un valor de 0 significa una distribución completamente equitativa donde todas las personas obtendrían lo mismo.

Gráfica 3.8: Coeficiente de GINI en Alemania, Corea del Sur, México y Brasil (Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial (2022).

El índice de Gini para los países desarrollados presenta valores de menos de 35% en todo el periodo, mientras que para los países de América Latina se obtienen valores que incluso superan el 50%, lo que indica que los países de América Latina poseen una desigualdad de ingresos mayor a los países desarrollados. En el caso de Alemania se poseen datos del 2000 al 2016, al comienzo del periodo es el país que más igualdad presenta con un coeficiente del 28.8% pero posee una tendencia al crecimiento del coeficiente con una tasa promedio anual del 1.3%, así que tiende a incrementarse la desigualdad de ingresos en Alemania a lo largo del periodo, finalizando con un valor del 31.9%. En Corea del Sur solo existió disponibilidad de datos del 2006 al 2016, al inicio del periodo presentan valores similares a Alemania iniciado con un valor del 31.7% indicando un bajo nivel de desigualdad de ingreso, además de obtener niveles bajos de desigualdad posee una tendencia hacia una distribución equitativa reflejada por un decrecimiento promedio anual del -1.8% en el índice de Gini, causando que en el año 2016 se convirtiera en la nación con el mejor coeficiente de Gini con un valor del 31.4%.

Los países de América Latina tienen una disponibilidad de datos del 2000 al 2018, y se identifica que poseen mayores valores del coeficiente de Gini respecto a los países desarrollados que representa una mayor desigualdad dentro de estas economías. México inicia el periodo con un valor del coeficiente de 52.6% con una tendencia fuerte a la igualdad descrita por una tasa de crecimiento promedio anual del -1.57%, provocando un menor valor del coeficiente al terminar el periodo con un valor del 45.2% exhibiendo una mayor equidad en la distribución del ingreso en la actualidad. Brasil es el país que presenta mayor desigualdad de ingresos, comienza el periodo con un valor del coeficiente de 58.4% pero también poseen una tendencia hacia la igualdad un poco menos intensa que la de México con una tasa promedio anual del -.86%, ocasionando una disminución del coeficiente obteniendo un valor del 53.9% al finalizar el periodo. A partir de lo anterior se obtiene que los países de América Latina, aunque comienzan con los valores de desigualdad de ingresos, poseen tasas de crecimiento más altas hacia la equidad.

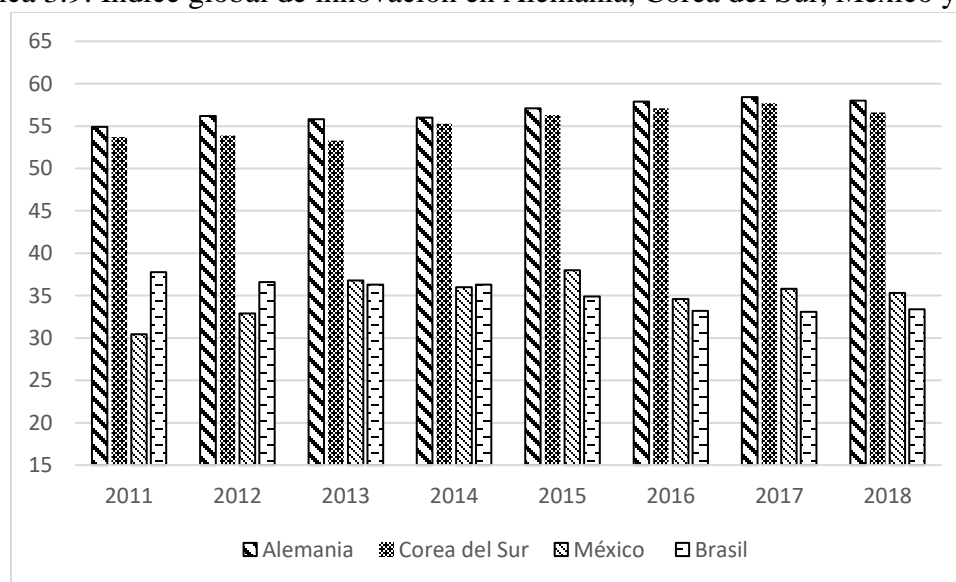
La relevancia del análisis de la distribución desigual de ingresos radica en que afecta al sistema económico y los derechos, debido a que los bajos ingresos distribuidos desigualmente afectan la pobreza, la desnutrición, las tasas de ahorro, el acceso al crédito, la

educación, entre otros (Ray, 1998). Si las naciones de América Latina con sus problemas de desigualdad de ingresos consideran solamente los criterios de crecimiento y desarrollo de la OCDE, sin incorporar conceptos como la equidad, se generará un modelo de crecimiento que afecta negativamente a la desigualdad, es decir, un mayor crecimiento genera un mayor nivel de desigualdad en la distribución del ingreso, debido a que las ganancias extraordinarias de la innovación se las apropian los propietarios del capital.

3.1 Contexto de las Capacidades Tecnológicas Nacionales de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil

Hasta este punto se ha caracterizado el crecimiento y desarrollo de las naciones estudiadas, pero también es necesario caracterizar su contexto de innovación. El Índice global de innovación clasifica el desempeño del sistema de innovación de las economías. El índice comprende indicadores sobre el entorno político, la educación, la infraestructura y la creación de conocimiento de los países, por lo tanto, revela el desempeño de innovación integral de los países (Oturakci, 2021). Este índice describe qué tan favorable es el entorno que propicia la innovación, es decir, describe la eficiencia de una nación en la generación de innovación a partir de la calidad y cantidad de los insumos empleados (Aguilar & Higuera, 2019).

Gráfica 3.9: Índice global de innovación en Alemania, Corea del Sur, México y Brasil



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Global Innovation Index 2022, recuperado de: <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator>.

En la gráfica 3.9 se presenta el índice global de innovación del año 2011 al 2018 debido a que para ese período existía la disponibilidad de datos, donde a lo largo del periodo los países desarrollados poseen un mayor valor en el índice que los países de América Latina. El índice es calculado por WIPO para clasificar a 132 países. Alemania es el país con mayor índice global de innovación respecto a los países de este estudio, en el 2011 tenía un valor del 54.89 y era la nación número 12 del ranking, lo que indica un entorno favorable para la innovación. Además, se aprecia que el índice tiene una evolución positiva con una tasa promedio anual del .79% lo que indica un entorno más eficiente para la innovación logrando alcanzar un índice igual a 58 posicionándose en el lugar 9 del ranking de países. Corea del Sur en el periodo de tiempo analizado posee un comportamiento similar al de Alemania, comienza con un valor de 53.68, posicionándose en el lugar 16 del ranking, indicando un entorno eficiente para la generación de innovación, además de iniciar con un nivel alto ha evolucionado positivamente indicando que el entorno se ha hecho más favorable, posee una tasa de crecimiento anual promedio del .77%, con un valor en el 2018 del 56.6, subiendo en el ranking hasta la posición 12.

Los países de América Latina poseen menores niveles en el Índice global de innovación, donde representan menos del 70% del índice de los países desarrollados, indicando que sus entornos son al menos 30% menos eficientes para la generación de la innovación. México inicia el periodo con un valor de 30.4, y se ubica en el lugar 61 del ranking. En el conjunto de países analizados, México es el país con el mayor crecimiento promedio anual del 2.34%, mejorando su contexto para la innovación, logrando en el 2018 aumentar su índice a 35.3 y subir hasta la posición 56 del ranking. En el caso de Brasil comienza el periodo con un índice mayor, alcanzando un valor del 37.75 colocándose en el lugar 47 del ranking. Sin embargo, posteriormente comienza a disminuir el valor de su índice de innovación en el periodo analizado obteniendo una tasa de crecimiento promedio anual negativa del -1.71%, cayendo al final del periodo al lugar 64 del ranking con un valor del índice del 33.4.

Lo anterior indica que los países desarrollados poseen entornos más favorables para la generación de innovaciones en comparación a los países de América Latina. En las naciones de América latina existe una relación negativa entre los indicadores de educación terciaria, I+D, crédito e inversión con su desarrollo innovador, así que no contribuyen a la creación de

un entorno favorable para la innovación (Aguilar & Higuera, 2019). Además, este conjunto de países presenta una baja incorporación de conocimiento y tecnología a sus procesos productivos, lo que impide el desarrollo de entornos de innovación comparables a los de países desarrollados (Navarro & Olivari, 2016).

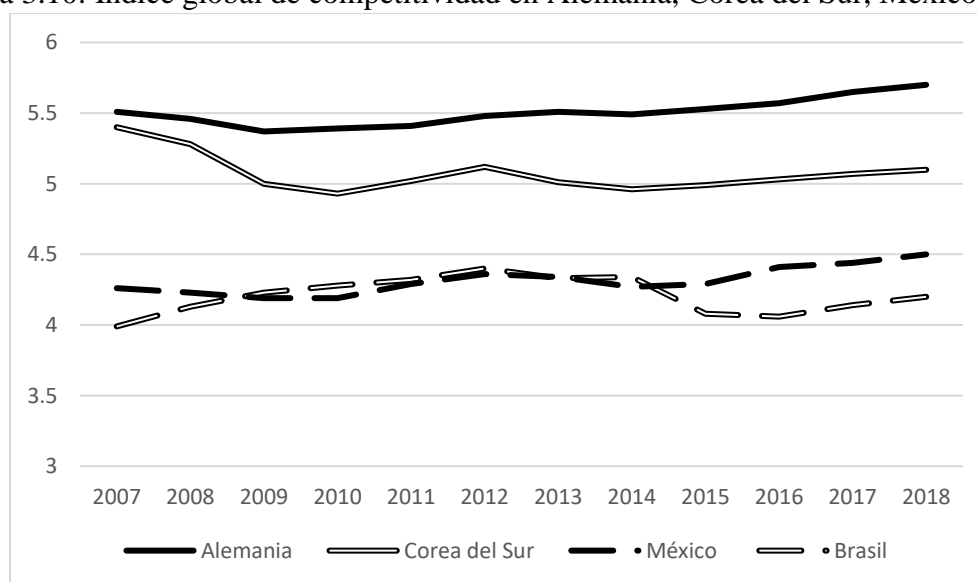
En el contexto de economía del conocimiento existe una relación clara entre innovación y competitividad. Las naciones construyen capacidades tecnológicas nacionales para producir nuevo conocimiento tecnológico con potencial de innovación, necesario para generar progreso técnico fundamental para el crecimiento y desarrollo (Granstrand, 2005; Sharma et al., 2021). Los diferentes países compiten por la producción del nuevo conocimiento tecnológico, que está distribuido asimétricamente como se ha visto con la evidencia empírica de las patentes y en trabajos como el de Scotchmer (2004) donde es clara la concentración del nuevo conocimiento tecnológico en los países desarrollados. Por lo tanto, los países están compitiendo a través de la innovación en un contexto dominado por los países desarrollados que han logrado producir y acumular un mayor acervo de conocimiento.

En este contexto la competencia por la creación de nuevo conocimiento ha dinamizado el ritmo tecnológico (Revilla & Fernández, 2012). Para identificar las posiciones de competencia se utilizará el Índice global de competitividad, publicado por el Foro Económico Mundial, mide la capacidad que poseen los países para impulsar su productividad y proveer oportunidades de desarrollo económico (Schwab, 2018). Dentro del Índice global de competitividad, Schwab (2018) identifica que se analizan 12 pilares de competitividad divididos en los siguientes tres subíndices. En el subíndice de requisitos básicos se contemplan los pilares de instituciones, infraestructura, entorno económico, y salud y educación. En el subíndice de potenciadores de la eficiencia se integran los pilares de educación superior, eficiencia del mercado de bienes, del mercado laboral, desarrollo del mercado financiero, preparación tecnológica y tamaño del mercado. En el tercer subíndice de factores de innovación y sofisticación, los pilares analizados son la sofisticación empresarial y el de innovación.

En la gráfica 3.10 se describe el Índice global de competitividad para los países desarrollados y de América Latina incorporados al análisis. Alemania, como en los indicadores anteriores, es el país que muestra los valores más altos en este indicador, comienza en el 2007 en el lugar

5 del ranking de los 140 países que participan, a través del periodo mantiene el alto desempeño en el índice con una tasa de crecimiento promedio anual del .31%, obteniendo como resultado que en año del 2018 mantenga su posición en el lugar 5 del ranking. El otro país desarrollado Corea del Sur, es el segundo país con mayor desempeño en este indicador, comienza el periodo con valores parecidos a los de Alemania, solo una décima menor, con un valor del 5.4 posicionándose en el lugar 11 del ranking. Sin embargo, a través del periodo su desempeño en el índice disminuye, obteniendo una tasa de crecimiento promedio anual del -.49%, ocasionando que en el año 2018 su lugar en el ranking bajara a la posición 26. Estos países desarrollados poseen una gran capacidad para impulsar su productividad y para proveer oportunidades de desarrollo económico, con una clara superioridad de desempeño del índice de Alemania respecto a Corea del Sur.

Gráfica 3.10: Índice global de competitividad en Alemania, Corea del Sur, México y Brasil

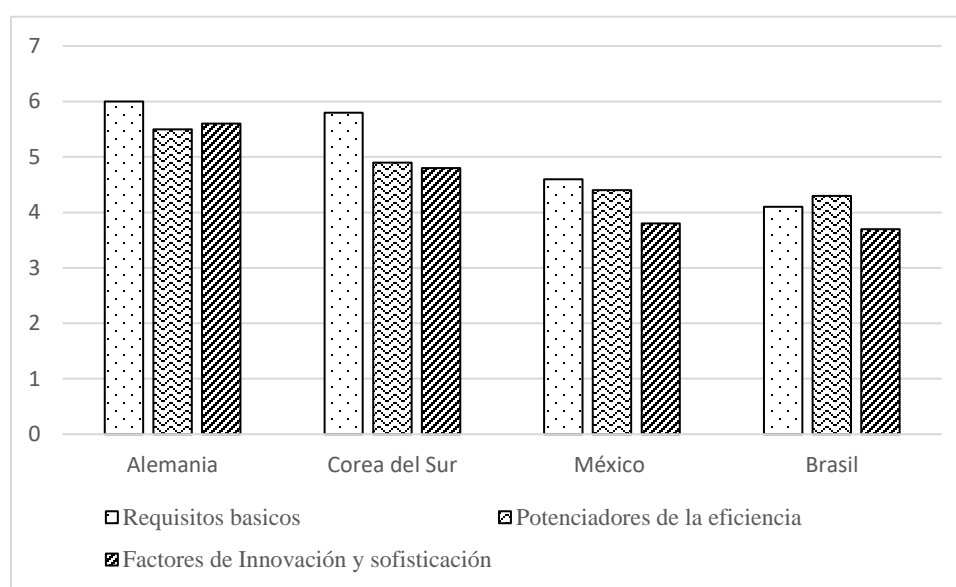


Fuente: Elaboración propia a partir de datos del World Economic Forum 2022, recuperado de: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/>.

Para el caso de los países de América Latina el desempeño en este indicador está por debajo de los otros dos países. México comienza el periodo con un valor del 4.26 en el índice, posicionándose en el lugar 52 del ranking, como se aprecia en la gráfica posee un desempeño positivo representado con una tasa de crecimiento promedio anual del .5%, logrando finalizar en el año 2018 con un valor del 4.5 en el índice, colocándose en el lugar 51 del ranking. Brasil es el país con menor desempeño en este índice, comienza el periodo con un valor del 3.9 en el lugar 72 del ranking, del 2009 al 2014 logró resultados en el índice superiores a los

de México. Sin embargo, en los últimos años Brasil tuvo tasas de crecimiento negativas, lo que solo le permitió alcanzar un valor del 4.2 en el 2018, ocasionando una caída en el ranking al lugar 80. Los países de América Latina poseen una menor capacidad para impulsar su productividad y para proveer oportunidades de desarrollo económico, mientras que las economías desarrolladas se colocan dentro de los primeros 26, los países de América Latina se encuentran en el lugar 51 y 80 respectivamente, es decir que existen al menos 25 países con mejor desempeño en el índice de competitividad entre estos dos conjuntos de países.

Gráfica 3.11: Desempeño en los subíndices que conforman el índice de competitividad global en el año 2018



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del World Economic Forum 2022, recuperado de: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/>.

Para complementar el análisis del índice de competitividad global en el último año de estos cuatro países, se presenta la gráfica 3.11 en la que se describen los resultados de los países en los tres subíndices que conforman al índice de competitividad global. En los países desarrollados Alemania posee los niveles más altos en los tres subíndices, incluso en el subíndice de factores de sofisticación e innovación se encuentra en el tercer lugar del ranking, mostrando un alto desempeño en los pilares de sofisticación empresarial e innovación. Otro pilar en el que posee un alto desempeño es el de tamaño de mercado ubicado en el lugar 5 del ranking, mientras que el pilar en el que posee el mayor valor (6.5) es el de salud y educación primaria. El otro país desarrollado, Corea del Sur al igual que Alemania, su mejor desempeño está en el subíndice de factores de innovación y sofisticación, donde en el pilar

de innovación se posiciona en el lugar 18 del ranking. En el subíndice de potenciadores su mejor desempeño se encuentra en los pilares de tamaño de mercado, eficiencia del mercado de bienes y en el pilar de educación y formación. Finalmente, en el subíndice de requisitos básicos, posee un desempeño sobresaliente en el pilar de entorno económico, pilar en el que se posiciona como segundo del ranking.

En los países de América Latina la composición de los tres subíndices es distinta. Para el caso de México posee su mejor desempeño en el subíndice de potenciadores de la eficiencia, donde destaca el pilar de tamaño de mercado en el que logra la posición 11 en el ranking. Sin embargo, los dos pilares con menor desempeño en este subíndice son los de la eficiencia de mercado laboral, y el pilar de educación superior y formación. Posteriormente, en el subíndice de factores de innovación y sofisticación, el pilar con mejor desempeño es el de sofisticación empresarial. Finalmente, en el subíndice de requisitos básicos es el de menor desempeño, donde destaca en el pilar de entorno macroeconómico, pero posee un mal desempeño en el pilar de instituciones, en el que se coloca en el número 123 del ranking.

Brasil, al igual que el otro país representativo de América Latina, el subíndice con mayor desempeño es el de potenciadores de eficiencia, donde el pilar con mejores resultados es el de tamaño de mercado, principalmente el mercado interno, mientras que los dos pilares con peores resultados son los de eficiencia del mercado de bienes y eficiencia del mercado laboral. El segundo subíndice es el de factores de innovación y sofisticación, donde el pilar de sofisticación empresarial es el de mejor desempeño. El subíndice con peores resultados es el de requisitos básicos, donde los peores resultados se encuentran en los pilares de entorno económico y el de instituciones, situados en las posiciones 124 y 109 del ranking, respectivamente.

En síntesis, el Índice de competitividad global describe que los países desarrollados poseen una mayor capacidad para impulsar su productividad y para proveer oportunidades de desarrollo económico, es destacable el caso de Alemania debido a que se encuentra entre los primeros cinco países con mayores capacidades del mundo. Para los países desarrollados, el desempeño en todos los pilares es alto, y en ambos países el pilar de sofisticación empresarial e innovación, y el pilar de educación y formación son los que poseen un mejor desempeño, Esto implica que los países desarrollados poseen mayores capacidades tecnológicas

nacionales, en las que pueden desarrollar una mayor cantidad de personas altamente calificadas, también poseen capacidades para que sus empresas produzcan nuevo conocimiento tecnológico, así como un entorno favorable para la innovación. Como señala el estudio de Barro (2001), dado el nivel del PIB, una mayor reserva de capital humano de alta calificación genera un mayor crecimiento económico, debido a que el capital humano facilita la absorción de tecnologías superiores y es más fácil de ajustar a la producción que el capital físico.

Por otro lado, las naciones en desarrollo poseen un nivel bajo en la mayoría de los pilares que incorpora el Índice de competitividad global. Ambas naciones de América Latina solo obtuvieron buenos resultados en el pilar de tamaño de mercado. Sin embargo, los pilares de sofisticación de las empresas y de innovación no son favorables, existen al menos 50 naciones con mejores resultados, también poseen resultados bajos en los pilares de educación y formación de capital humano calificado, así como en el pilar de eficiencia del mercado laboral. Además, su peor desempeño se encuentra en el pilar de instituciones, lo que indica un contexto institucional débil. La relevancia del contexto institucional como lo identifica Casalet (2004) radica en su apoyo a la producción y la modernización empresarial, a través de instituciones puente²⁰ que actúen como canalizadoras de la dinámica entre la interacción de las unidades productivas y el conocimiento, orientadas a sostener la articulación de aglomerados productivos, fundamental para la competitividad y el crecimiento económico. Por lo tanto, los países de América Latina poseen un menor nivel de capacidades tecnológicas nacionales, que están reducidas por su débil contexto institucional, sus capacidades no permiten un entorno adecuado de innovación en el que sus empresas puedan producir nuevo conocimiento tecnológico, además no son capaces de generar capital humano calificado y las pocas personas altamente calificadas tendrán dificultades para producir nuevo conocimiento tecnológico debido a que también poseen sus naciones bajos niveles de eficiencia en el mercado laboral.

En conclusión, los países desarrollados poseen los mayores niveles de producto. Las economías de América Latina poseen menos de la mitad de producto de las economías

²⁰ Las instituciones puente son organizaciones flexibles especializadas en el fomento productivo (Casalet, 2004).

desarrolladas, y tienen menores tasas de crecimiento. Los países desarrollados poseen tasas mayores al 4% en promedio anual, mientras que el crecimiento promedio anual de los países desarrollados es menor al 3.4%. Lo anterior ocasiona que los países de América Latina a lo largo del tiempo dispongan de menos recursos, y dirijan una menor inversión para impulsar sus capacidades tecnológicas nacionales, reflejado en una menor producción de conocimiento tecnológico codificado en solicitudes de patentes.

En cuestiones de desarrollo social, también las economías desarrolladas poseen mejores resultados en esperanza de vida y la desigualdad de ingresos dentro de sus naciones. Los países desarrollados tienen 5 años más de esperanza de vida, lo que indica que las personas altamente calificadas de esas naciones poseen mayores opciones de desenvolvimiento de vida, al tener mayor acceso de sus libertades y desarrollo de capacidades personales que favorecen sus actividades de producción de conocimiento en comparación con los países de América Latina. Además, en las economías de América Latina a través del coeficiente de Gini se identifica que poseen al menos un 13.5% de mayor desigualdad de ingresos respecto a los países desarrollados. Esta desigualdad de ingresos afecta al sistema económico y los derechos, debido a que los bajos ingresos distribuidos desigualmente afectan la pobreza, la desnutrición, las tasas de ahorro, el acceso al crédito, la educación, entre otros (Ray, 1998). Por lo tanto, las personas de naciones de América Latina tienen menos libertades, es decir, poseen problemas de pobreza y desigualdad, ocasionando un menor desarrollo de capacidades personales, generando una menor creación de capital humano calificado que contribuya a la producción de conocimiento tecnológico.

Finalmente, en cuestiones de las condiciones del entorno para la innovación, a partir de las diferencias en el Índice global de innovación se estima que los países desarrollados poseen en al menos un 60% de contextos más favorables para la generación de innovación, elemento que favorece sus capacidades tecnológicas nacionales y su producción de nuevo conocimiento tecnológico. El contexto favorable de innovación de los países desarrollados se refleja en los altos valores obtenidos en su competitividad, impulsado por sus fortalezas en su sofisticación empresarial, sus actividades de innovación como la producción de conocimiento y la educación con la que han logrado formar al capital humano calificado fundamental en el desarrollo de capacidades tecnológicas nacionales para ser competitivos

en el contexto de economías del conocimiento. Sin embargo, la competitividad de los países de América Latina es menor, poseen debilidades institucionales que han dificultado el ejercicio efectivo de la inversión para el desarrollo de sus capacidades. Además, México y Brasil muestran debilidades en la formación de personas altamente calificadas y la incorporación de estas en el mercado laboral, reduciendo la actividad innovadora representada por una baja producción de conocimiento tecnológico.

Capítulo 4: El análisis de las brechas y capacidades tecnológicas

En este capítulo se analiza la evolución de la producción de conocimiento por campo tecnológico, las capacidades y la brecha tecnológica entre los países desarrollados y de América Latina. Se realiza a través de los resultados obtenidos del análisis empírico mediante la construcción de bases datos, índices, y las estimaciones descritas en el tercer capítulo. En la primera parte del capítulo se describen los hallazgos derivados de la clasificación de las patentes por campo tecnológico con la metodología de Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001), esto permitirá vislumbrar los sectores tecnológicos hacia los que se dirige el nuevo conocimiento tecnológico producido en cada una de las naciones analizadas. En la tercera parte se expone el análisis de la evolución de las capacidades tecnológicas nacionales de cada país, construidas a partir de la propuesta de Archibugui & Coco (2004), y Sharma (2021). Finalmente, se presentará el análisis de la brecha tecnológica entre los cuatro países, que permitirá identificar la posición y distancia que existe entre ellos.

4.1 Evolución del nuevo conocimiento por campo tecnológico

Esta sección del análisis permite satisfacer el objetivo particular de comparar la evolución y composición de la creación de nuevo conocimiento técnico por campo tecnológico de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil del 2000 al 2014. El análisis en esta sección utiliza el periodo hasta el 2015, debido a que, al utilizar la metodología de Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) existe una pérdida de información de las clasificaciones de patentes de la United States Patent and Trademark Office (USPTO) a partir del año 2015. Esta pérdida de información se presentó previamente en la tabla 3.5, donde se muestran que más del 50% de las patentes a partir de ese año, no se encuentran clasificadas para el conjunto de países analizados. El análisis se centrará en la participación de las naciones en los campos tecnológicamente modernos. La producción de patentes en los campos del sector moderno refleja el conocimiento que conduce a ventajas en la generación de competencias y capacidades tecnológicas, así como un mayor grado de acumulabilidad de los conocimientos tecnológicos (Marsili, 2002). La especialización de las empresas y naciones en campos

tradicionales les dificultará trasladarse a áreas competitivas de mayor especialización. Por lo tanto, es necesario desarrollar capacidades y dirigir esfuerzo hacia campos tecnológicamente modernos que les permitan insertarse en tecnologías novedosas requeridas por el mercado mundial. Los cuadros presentados en esta sección reflejan la producción de patentes en tres periodos de cinco años del 2000 al 2014, mostrando el porcentaje de participación de patentes por campo tecnológico, respecto a su producción total.

En la tabla 4.1 se describe la evolución de la participación de las patentes entre los sectores y campos tecnológicos de Alemania. Este país posee una tasa media de crecimiento en sus patentes concedidas del 2000 al 2014 del 3.88%. Su producción de conocimiento tecnológico codificado en patentes se ha incrementado mostrando tendencias en los campos y sectores tecnológicos en los que se ha especializado en el periodo de tiempo. Comienza el primer periodo con un 64.5% de sus patentes dirigidas al sector tradicional, especializado en los campos de la Química y la Mecánica. En el periodo analizado su composición de patentes por campo tecnológico ha evolucionado con un incremento favorable hacia el sector tecnológicamente moderno, representado por un crecimiento en sus patentes del 67.2%, acompañado de una reducción de sus patentes en el 1.3% en el sector tradicional.

Tabla 4.1: Patentes concedidas en USPTO a titulares de Alemania por campo tecnológico, 2000-2014

(Número, porcentaje y tasa de crecimiento por subperiodo)

Periodo	Tradicional						Moderno						
	Química	Mecánica	Otros	Total		T.C	Cómputo y Comunicaciones	Medicina y Farmacia	Eléctrica y electrónica	Total		T.C.	
				#	%					#	%		
1	2000 - 2004	25.7% (21240)	25.4% (21050)	13.4% (11059)	53350	64.5	-1.3	9.3% (7732)	7.6% (6264)	18.6% (15372)	29368	35.5	67.2
2	2005 - 2009	20.4% (14181)	21.7% (15067)	11.1% (7759)	37007	53.3		17.0% (11824)	6.7% (4679)	22.9% (15839)	32396	46.7	
3	2010 - 2014	20.5% (20938)	20.5% (20888)	10.6% (10830)	52656	51.8		18.5% (18787)	8.6% (8784)	21.2% (21520)	49091	48.2	
Total		22.2%	22.5%	11.7%	143013	56.3		15.1%	7.8%	20.8%	110855	43.7	

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. Véase en la tabla 5.1 ubicada en anexos, las patentes por campo tecnológico de Alemania.

Para el tercer periodo del 2010 al 2014, se aprecia que continúa siendo dominante el sector tradicional, pero se reduce su participación a un 51.8%. Sin embargo, el campo en el que más produce patentes en el segundo y tercer periodo es el de la Eléctrica y Electrónica. La dominante participación del conocimiento tecnológico en campos tradicionales es compatible con el estudio de Fornahl & Brenner (2009) en el que identifican que la especialización de Alemania en tecnologías referentes a químicos básicos, vehículos de motor y maquinaria para fines especiales, aunque es destacable su cambio de especialización hacia el sector moderno, especialmente en los campos de la Eléctrica y Electrónica y el Cómputo y Comunicaciones.

Tabla 4.2: Patentes concedidas en USPTO a titulares de Corea del Sur por campo tecnológico, 2000-2014
(Número, porcentaje y tasa de crecimiento por subperiodo)

Periodo		Tradicional					Moderno						
		Química	Mecánica	Otros	Total		T.C.	Cómputo y Comunicaciones	Medicina y Farmacia	Eléctrica y electrónica	Total		T.C.
					#	%					#	%	
1	2000 - 2004	14.6% (4317)	10.4% (3079)	6.7% (1992)	9388	31.8	171.1	26.4% (7790)	2.3% (670)	39.6% (11705)	20165	68.2	293
2	2005 - 2009	12.85% (6578)	8.91% (4561)	5.90% (3019)	14158	27.7		32.3% (16557)	1.6% (809)	38.4% (19665)	37031	72.3	
3	2010 - 2014	12.40% (12892)	7.14% (7470)	4.77% (4998)	25450	24.3		39.8% (41714)	2.3% (2438)	33.5% (35089)	79241	75.7	
Total		12.9%	8.1%	5.4%	48996	26.4		35.6%	2.1%	35.8%	110855	73.6	

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. Véase en la tabla 5.2 ubicada en anexos, las patentes por campo tecnológico de Corea del Sur

La tabla 4.2 presenta la evolución de las patentes por campo tecnológico de Corea del Sur. Es una nación que incrementó su producción de conocimiento tecnológico del 2000 al 2014 en un 12.22% promedio anual, siendo al menos 3.21 veces mayor al incremento promedio anual de Alemania. Al inicio del periodo se observa que Corea del Sur comienza con una alta participación en el sector tecnológicamente moderno del 68.2%, donde los tres principales

campos tecnológicos son la Eléctrica y Electrónica, Cómputo y Comunicaciones, y la Química. Posee un incremento excepcional en su producción de patentes en el periodo analizado, en un 171% en el sector tradicional y un 293% en el moderno.

Lo anterior le ha permitido a Corea del Sur terminar el tercer periodo con un aumento en su participación de patentes de hasta el 75.7% en el sector moderno. Sin embargo, su especialización ha cambiado, finalizando el periodo con el campo del Cómputo y Comunicaciones como el más importante, seguido por la Eléctrica y Electrónica, y la Química. La participación de patentes en las tecnologías del sector moderno de Corea es fundamental, contribuyó a la construcción de capacidades tecnológicas, generando un acervo de conocimiento inicial suficiente para desarrollarse en los campos de la eléctrica y electrónica, en informática y tecnologías de la comunicación (Park & Lee, 2006).

Tabla 4.3: Patentes concedidas en USPTO a titulares de Brasil por campo tecnológico, 2000-2014

(Número, porcentaje y tasa de crecimiento por subperiodo)

Periodo		Tradicional					Moderno						
		Química	Mecánica	Otros	Total		T.C.	Cómputo y Comunicaciones	Medicina y Farmacia	Eléctrica y electrónica	Total		T.C.
					#	%	%				#	%	%
1	2000-2004	22.1% (104)	23.8% (112)	30.4% (143)	359	76.2	77.4	4.9% (23)	11.3% (53)	7.6% (36)	112	23.8	164.3
2	2005-2009	22.78% (90)	17.97% (71)	26.08% (103)	264	66.8		5.1% (20)	14.9% (59)	13.2% (52)	131	33.2	
3	2010-2014	28.83% (269)	20.69% (193)	18.76% (175)	637	68.3		7.1% (66)	15.1% (141)	9.5% (89)	296	31.7	
Total		25.7%	20.9%	23.4%	1260	70.0		6.1%	14.1%	9.8%	539	30.0	

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. Véase en la tabla 5.3 ubicada en anexos, las patentes por campo tecnológico de Brasil.

Para el caso de Brasil, la tabla 4.3 representa la composición por campo tecnológico de la producción de conocimiento codificada en patentes. Los países de América Latina poseen cifras muy bajas de patentes en comparación con los países desarrollados, lo que les ha permitido tener una tasa de más del 10% en el crecimiento de su producción de conocimiento

tecnológico, como el caso de Brasil que posee tasas de crecimiento promedio anual del 13.66% en el periodo analizado. En el primer periodo presenta un dominio en el sector tecnológicamente tradicional con un 76.2%, siendo el campo tecnológico de Otros, Mecánica y Química los más importantes, incluso el campo de Otros posee casi un tercio de sus patentes, lo que significa una producción de conocimiento poco específica en este primer periodo.

Las altas tasas de crecimiento en la producción de conocimiento tecnológico en Brasil se reflejan en el incremento progresivo en todos los campos tecnológicos, con un crecimiento más acelerado en los campos modernos, logrando un incremento del 164% principalmente por el incremento en el campo de Medicina y Farmacia, mientras que en el sector tradicional se incrementó un 77.4%. El segundo periodo es el que presenta una mayor participación de patentes en el sector moderno, causado por un incremento significativo en el campo de la Eléctrica y Electrónica, aunque los campos más importantes son los del sector tradicional. Finalmente, en el tercer periodo se aprecia que el sector tradicional continúa como el dominante con una participación del 68.3% de las patentes, pero con cambios en su especialización, ahora el campo con mayor producción es el de la Química, seguido por la Mecánica y el de Otros. Lo anterior indica que su producción de conocimiento en el último periodo se ha hecho más específico, especializándose en la Química y la Mecánica, e incursionando de forma importante en el campo de la Medicina y Farmacia.

La descripción de las patentes por campo tecnológico en el caso de México se presenta en la tabla 4.4. En el primer periodo al igual que Brasil posee una participación dominante del 76.9% en el sector tradicional, con una especialización en los campos de Otros, la Química y la Mecánica con una participación aproximada del 25% cada campo tradicional. La tendencia de este país ha sido favorable al sector tecnológicamente moderno, presenta un incremento en este sector del 174%. Sin embargo, el crecimiento en este sector ha sido irregular, ya que ha obtenido valores superiores al 40% en este sector, pero solo en 2 años, en 2005 y 2010, mientras que en nueve años del periodo analizado los valores se encuentran por debajo del 30%.

El mayor número de patentes en el sector moderno se encuentra en el segundo periodo del 2005 al 2009, con un valor del 32.1% de la producción total, destacando los aumentos en los

campos de la Medicina y Farmacia, así como de la Eléctrica y Electrónica, sin embargo, presenta una alta especialización en el campo de Otros con una participación de un tercio de su producción total de conocimiento. En el último periodo del 2010 al 2014, continua con una especialización en el sector tradicional con un pequeño progreso hacia el sector moderno, el cambio más importante es la relevancia que toma el campo de la Química con un 40% de la producción total de conocimiento, seguido por el campo de Otros y el de Medicina y Farmacia.

Tabla 4.4: Patentes concedidas en USPTO a titulares de México por campo tecnológico, 2000-2014
(Número, porcentaje y tasa de crecimiento por subperiodo)

Periodo		Tradicional					Moderno						
		Química	Mecánica	Otros	Total		T.C.	Cómputo y Comunicaciones	Medicina y Farmacia	Eléctrica y electrónica	Total		T.C.
					#	%					%	#	
1	2000 - 2004	26.3% (66)	22.7% (57)	27.9% (70)	193	76.9	129	3.6% (9)	9.6% (24)	10.0% (25)	58	23.1	174.1
2	2005 - 2009	20.90% (28)	14.18% (19)	32.84% (44)	91	67.9		6.7% (9)	14.2% (19)	11.2% (15)	43	32.1	
3	2010 - 2014	39.93% (240)	11.81% (71)	21.80% (131)	442	73.5		5.0% (30)	16.0% (96)	5.5% (33)	159	26.5	
Total		33.9%	14.9%	24.8%	726	73.6		4.9%	14.1%	7.4%	260	26.4	

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. Véase en la tabla 5.4 ubicada en anexos, las patentes por campo tecnológico de México.

En síntesis, los países analizados han logrado una tendencia hacia la especialización en el sector tecnológicamente moderno. Sin embargo, solo Corea del Sur ha logrado una participación de más del 75% en el sector moderno, con una especialización en el campo de Cómputo y Comunicaciones y el de Eléctrica y Electrónica. Otro país que casi logra una especialización en el sector moderno es Alemania que en el último periodo obtuvo valores del 48.2%, con una participación importante en el campo de la Eléctrica y Electrónica. Los países de América Latina presentan un comportamiento similar, alrededor del 70% de su producción de conocimiento se encuentra en el sector tradicional, destacando su participación

en el campo de la Química, Otros, Mecánica e incursionando significativamente en el campo de Medicina y Farmacia. Lo anterior corresponde al estudio de Urraca-Ruiz (2019), se identifica que los países latinoamericanos se especializan en campos tradicionales, principalmente en tecnologías basadas en recursos naturales, pero presentan una tendencia hacia tecnologías dinámicas del sector moderno.

4.1.1 Análisis por subcampos tecnológicos

Hasta este punto del análisis se ha descrito de forma general los campos tecnológicos hacia los que se dirige la producción de conocimiento tecnológico de los países desarrollados y de América Latina. Sin embargo, para verificar si los países muestran cambios en su estructura de especialización tecnológica²¹, se realiza una revisión de los subcampos tecnológicos más relevantes de cada nación, así como su incorporación a los nuevos campos tecnológicos, para identificar si sus capacidades tecnológicas les han permitido incorporarse a la producción de conocimiento en estos campos emergentes. La descripción por subcampos tecnológicos se realizará solo en el año inicial y el último año del periodo para el que se posee disponibilidad de datos.

La tabla 4.5 permite apreciar los 10 principales subcampos en los que posee mayor participación la producción de conocimiento tecnológico de Alemania, donde se presenta el código del subcampo tecnológico, y el número de patentes al que corresponde el subcampo. En el año 2000, solo existe un subcampo tecnológicamente moderno, el subcampo de Medicamentos (31), entre los 10 con mayor participación en la producción de nuevo conocimiento tecnológico. Alemania comienza el periodo con el subcampo de la Miscelánea química (19) como el más relevante, seguido muy de cerca por el de Compuestos orgánicos (14), Motor y partes (53), Miscelánea general (69) y Resinas (15). Sin embargo, al terminar el periodo, se aprecia un cambio en su estructura de especialización tecnológica, ahora se observan cuatro subcampos tecnológicamente modernos entre los 10 subcampos más relevantes. En el 2014, ya no se encuentra algún subcampo de la medicina y farmacia entre

²¹ Definido en el capítulo dos como la estructura específica de actividades innovadoras en cada nación. Esta especialización influye en el desempeño de una tecnología específica con relación a su desempeño tecnológico internacional general (Malerba & Montobbio, 2003).

los primeros 10, existe una transformación en la producción de conocimiento tecnológico en Alemania, en este año los subcampos modernos más relevantes son los de Comunicaciones (21), Hardware & software (22), Sistemas de energía (45) y Semiconductores (46). Esto es compatible con la especialización de Alemania identificada por Fornahl & Brenner (2009) en las que predominan las tecnologías de telecomunicaciones, equipos de cómputo, vehículos de motor, productos farmacéuticos, así como equipos de distribución eléctrica.

Tabla 4.5: Los 10 principales subcampos tecnológicos de Alemania, 2000 y 2014
(Número y porcentaje)

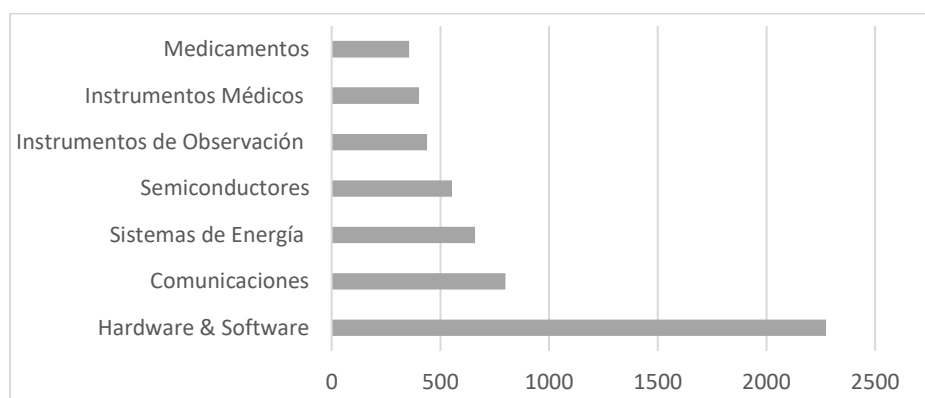
2000	Patentes		2014	Patentes	
Subcampos	#	%	Subcampos	#	%
19 Miscelánea Química	1440	9.5	22 Cómputo: Hardware & Software	2705	11.5
14 Componentes Orgánicos	1244	8.2	19 Miscelánea Química	1653	7.0
53 Motor y Partes	1171	7.8	14 Componentes Orgánicos	1407	6.0
69 Miscelánea	1035	6.9	69 Miscelánea	1326	5.6
15 Resinas	874	5.8	53 Motor y Partes	1315	5.6
51 Procesamiento de Materiales	845	5.6	21 Comunicaciones	1313	5.6
59 Miscelánea Mecánica	817	5.4	45 Sistemas de Energía	1257	5.4
31 Medicamentos	617	4.1	15 Resinas	1042	4.4
45 Sistemas de Energía	598	4.0	46 Semiconductores	1002	4.3
52 Metalurgia	528	3.5	59 Miscelánea Mecánica	1002	4.3

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. Véase en la tabla 5.5 las patentes concedidas en USPTO de Alemania por subcampo tecnológico.

Uno de los diversos factores que pueden explicar los cambios en la estructura de la especialización tecnológica de Alemania, se encuentran las propiedades del conocimiento, debido a que los subcampos del sector tecnológicamente moderno poseen altos niveles de oportunidad tecnológica favoreciendo la creación acelerada del nuevo conocimiento (Park Lee, 2006). La gráfica 4.6 describe los siete subcampos que tuvieron un mayor crecimiento en cantidad de patentes del 2000 al 2014. Los primeros dos pertenecen al campo del cómputo y las comunicaciones, donde el subcampo de Hardware & software (22) presenta un incremento de 2275, mientras que el de Comunicaciones (21) es de 799. Los siguientes tres subcampos pertenecen al campo de la eléctrica y electrónica, en el que el subcampo que más aumenta es el de Sistemas de energía (45) con 659 patentes. Finalmente, los últimos dos,

pertenecen al campo de la medicina y farmacia, con un aumento en los Instrumentos médicos y quirúrgicos (32) de 402 patentes y en los Medicamentos (31) de 356 patentes. Identificando la tendencia de la especialización tecnológica de Alemania. Lo anterior le ha permitido a Alemania convertirse a nivel mundial en el tercer mayor productor de patentes de instrumentos de medición, el segundo en patentes de transporte y es líder en la producción de conocimiento en maquinaria eléctrica, aparatos y energías (WIPO, 2022).

Gráfica 4.6: Los siete subcampos con mayor producción de patentes en Alemania del 2000 al 2014
(Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022.

En el caso de Corea del Sur, la tabla 4.7 describe los 10 subcampos tecnológicos más relevantes del 2000 al 2014. Se identifican siete subcampos tecnológicamente modernos entre los 10 más importantes en la producción de conocimiento tecnológico, destacando en los primeros cuatro lugares, los subcampos de Semiconductores (46), Comunicaciones (21), Almacenamiento de información (24) y Hardware & software (22). Posteriormente, al finalizar el periodo, se identifican ocho subcampos tecnológicamente modernos. En estos catorce años, el cambio esencialmente fue la salida del subcampo Aparatos eléctricos (41) y la incorporación de los subcampos Cómputo: periféricos (23) e Iluminación eléctrica (42). Estos cambios mantienen la estructura de especialización tecnológica de este país con escasas variaciones en el periodo analizado. Estos subcampos tecnológicos, se relacionan con las tecnologías que identificaron Park & Lee (2006) fueron esenciales para lograr el *catch up* de Corea, entre las que se encuentran, las telecomunicaciones, tecnología óptica, semiconductores, procesamiento y almacenamiento de información y tecnologías destinadas a la eléctrica y electrónica.

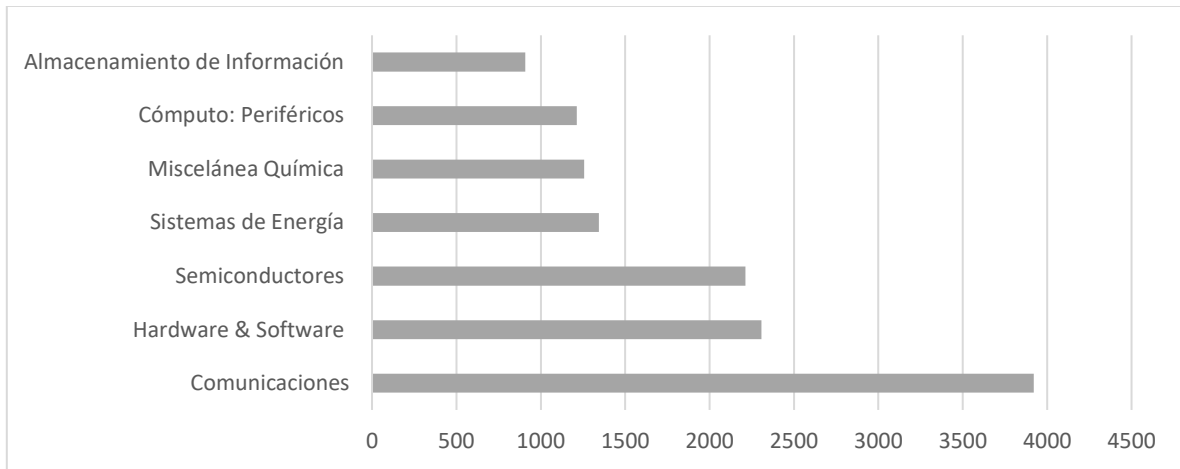
Tabla 4.7: Los 10 principales subcampos tecnológicos de Corea del Sur, 2000 y 2014
(Número y porcentaje)

2000	Patentes		2014	Patentes	
Subcampos	#	%	Subcampos	#	%
46 Semiconductores	968	18.8	21 Comunicaciones	4468	18.3
21 Comunicaciones	531	10.3	46 Semiconductores	3528	14.5
24 Cómputo: Almacenamiento de Información	485	9.4	22 Cómputo: Hardware & Software	2629	10.8
22 Cómputo: Hardware & Software	426	8.3	19 Miscelánea Química	1724	7.1
19 Miscelánea Química	355	6.9	45 Sistemas de Energía	1540	6.3
49 Miscelánea Eléctrica	330	6.4	23 Cómputo: Periféricos	1396	5.7
41 Aparatos Eléctricos	222	4.3	24 Cómputo: Almacenamiento de Información	1296	5.3
69 Miscelánea	211	4.1	49 Miscelánea Eléctrica	1095	4.5
45 Sistemas de Energía	167	3.2	42 Iluminación Eléctrica	848	3.5
54 Óptica	154	3.0	69 Miscelánea	693	2.8

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. Véase en la tabla 5.5 las patentes concedidas en USPTO de Corea del Sur por subcampo tecnológico.

En la gráfica 4.8 se visualiza que los subcampos con mayor crecimiento en patentes de Corea del Sur pertenecen en su mayoría al sector tecnológicamente moderno, seis de los siete subcampos con mayor crecimiento en patentes. La estructura de especialización de este país se ha mantenido casi sin cambios, porque desde el inicio del periodo sus esfuerzos de creación de nuevo conocimiento se han dirigido a subcampos tecnológicamente modernos. Los primeros dos subcampos de Comunicaciones (21) y Hardware & Software (22) y los últimos dos subcampos de Periféricos de cómputo (23) y Almacenamiento de Información (24) pertenecen al campo del cómputo y comunicaciones, donde el subcampo de mayor crecimiento es el de las comunicaciones con un aumento de 3920 patentes. También los subcampos en Semiconductores (46) y Sistemas de Energía (45) con aumentos de 2213 y 1344 patentes, respectivamente. Lo anterior permite identificar una tendencia de la especialización tecnológica de Corea del Sur con pocos cambios, dirigida hacia el campo de cómputo y comunicaciones, así como al campo de la eléctrica y electrónica. Además, ha logrado posicionarse a nivel mundial como el tercer mayor productor mundial de conocimiento de tecnología computacional, el segundo en maquinaria eléctrica, aparatos y energías, y el mayor productor mundial de patentes en la comunicación digital (WIPO, 2022).

Gráfica 4.8: Los siete subcampos con mayor producción de patentes en Corea del Sur del 2000 al 2014
(Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022.

Tabla 4.9: Los 10 principales subcampos tecnológicos de Brasil, 2000-2014
(Número y porcentaje)

2000 Subcampos	Patentes		2014 Subcampos	Patentes	
	#	%		#	%
69 Miscelánea	12	16.2	19 Miscelánea Química	33	12.8
19 Miscelánea Química	11	14.9	31 Medicamentos	30	11.7
64 Excavación	11	14.9	69 Miscelánea	22	8.6
68 Recipientes	5	6.8	14 Componentes Orgánicos	18	7.0
59 Miscelánea Mecánica	5	6.8	15 Resinas	13	5.1
14 Componentes Orgánicos	4	5.4	22 Cómputo: Hardware & Software	13	5.1
66 Calefacción	4	5.4	53 Motor y Partes	13	5.1
53 Motor y Partes	3	4.1	68 Recipientes	12	4.7
43 Instrumentos de Medida Observación	3	4.1	59 Miscelánea Mecánica	11	4.3
15 Resinas	2	2.7	55 Transporte	11	4.3

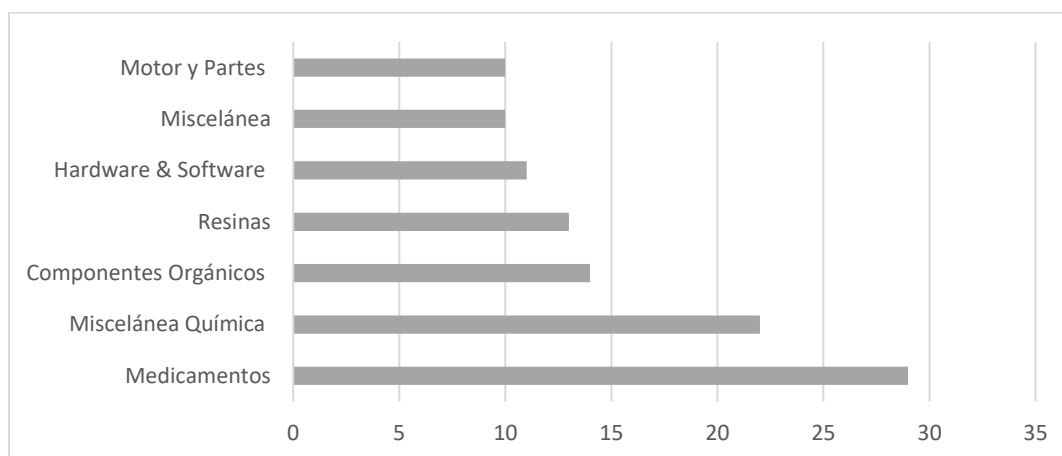
Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. Véase en la tabla 5.5 las patentes concedidas en USPTO de Brasil por subcampo tecnológico.

En la tabla 4.9 se describen los principales subcampos tecnológicos para el caso de Brasil que en el 2000 presenta solo un subcampo tecnológicamente moderno entre los 10 más relevantes, el subcampo de Instrumento de medida de observación (43). Los primeros 5 subcampos en el año 2000 de Brasil se dirigen al sector tecnológicamente tradicional, entre los que se encuentran la Miscelánea (69), Miscelánea química (19), Excavación (64),

Recipientes (68) y Miscelánea mecánica (59). Para el año 2014, se identifican algunos cambios en la estructura tecnológica de Brasil, se aprecia que subcampos como Excavación (64), Calefacción (66) e Instrumentos de medida de observación (43) ya no aparecen entre los 10 más relevantes, ahora se incorporan en su lugar los subcampos de Medicamentos (31), Hardware & software (22) y Transporte (55), los primeros dos son subcampos tecnológicamente modernos, los únicos dos subcampos modernos entre los primeros 10.

La estructura de especialización tecnológica de Brasil cambia hacia los sectores modernos, en específico hacia los campos de medicina y farmacia, y mantiene su presencia en el campo de la química. En la gráfica 4.10 se visualiza los subcampos con mayor crecimiento en patentes de Brasil. El subcampo que más ha crecido de este sector moderno es el de Medicamentos (31) con un aumento de 29 patentes. Seguido por los subcampos de la Miscelánea química (59) y Compuestos orgánicos (14) con incrementos de 22 y 14 patentes, respectivamente. En cuarto lugar, se encuentra el subcampo moderno de Cómputo: Hardware & software (22) con 13 patentes, seguido por los subcampos de Resinas (15), Miscelánea (69) y de Motor y partes (53).

Gráfica 4.10: Los siete subcampos con mayor producción de patentes en Brasil del 2000 al 2014
(Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022.

En el caso de México al inicio del periodo tiene producción en dos subcampos tecnológicamente modernos entre los 10 más relevantes, sin embargo, poseen solo una patente el subcampo de Instrumentos médicos y quirúrgicos (32) e Instrumentos de medida

observación (43). Los otros ocho subcampos pertenecen al sector tecnológicamente tradicional, donde destacan el Metalurgia (52), Miscelánea química (19), Miscelánea (69), Recipientes (68) y Calefacción (66). Para el año 2014 se presentan 3 subcampos modernos entre los primeros 10, como Medicamentos (31), Hardware & software (22) y Biotecnología (33). Al final del periodo se percibe que la estructura de especialización tecnológica de México cambió, solo permanecen cuatro subcampos de los 10 más relevantes del 2000, entre los que se encuentran la Miscelánea química (19), Miscelánea (69), Recipientes (68) y Muebles (65). Los países de América Latina poseen una especialización tecnológica dirigida al petróleo y química básica, procesamiento de materiales, química macromolecular y algunas tecnologías de bio-producción, entre los que se encuentran productos farmacéuticos (Urraca-Ruiz, 2019).

Tabla 4.11: Los 10 principales subcampos tecnológicos de México, 2000-2014
(Número y porcentaje)

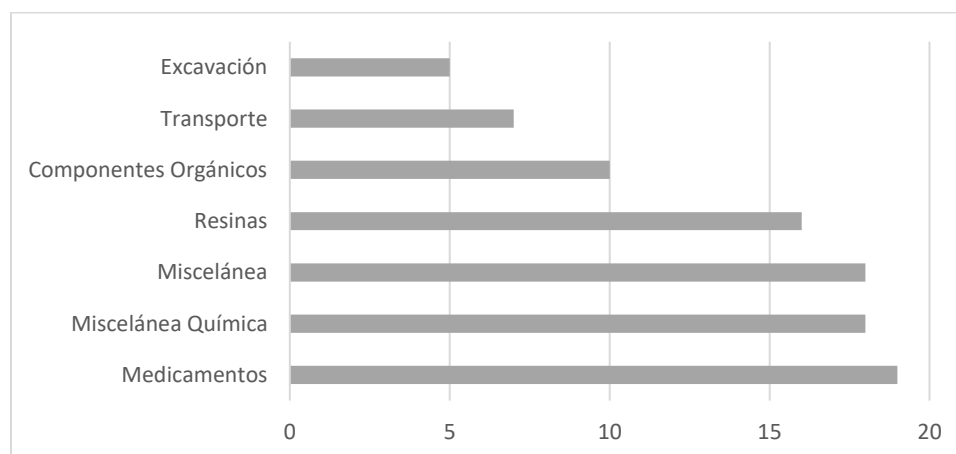
2000	Patentes		2014	Patentes	
Subcampos	#	%	Subcampos	#	%
52 Metalurgia	8	17.8	19 Miscelánea Química	24	13.6
19 Miscelánea Química	7	15.6	69 Miscelánea	20	11.4
69 Miscelánea	6	13.3	31 Medicamentos	19	10.8
68 Recipientes	4	8.9	15 Resinas	17	9.7
66 Calefacción	3	6.7	14 Componentes Orgánicos	16	9.1
12 Recubrimientos	2	4.4	55 Transporte	7	4.0
65 Muebles	2	4.4	65 Muebles	6	3.4
53 Motor y Partes	2	4.4	68 Recipientes	6	3.4
32 Instrumentos Médicos y Quirúrgicos	1	2.2	22 Cómputo: Hardware & Software	5	2.8
43 Instrumentos de Medida Observación	1	2.2	33 Biotecnología	5	2.8

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. Véase en la tabla 5.5 las patentes concedidas en USPTO de México por subcampo tecnológico.

En la gráfica 4.12 se presentan los siete subcampos con mayor crecimiento de México. Al igual que Brasil, el subcampo con mayor crecimiento es el de Medicamentos (31) con un incremento de 19 patentes, seguido por los subcampos de Miscelánea (69) y Miscelánea química (19) con 18 patentes cada uno. También son relevantes los subcampos de la Química, resaltando las Resinas (15) y los Componentes orgánicos (14) con aumentos de 16 y 10 patentes respectivamente. Lo anterior implica que la estructura de especialización

tecnológica de México casi no cambia, continúa dirigiendo sus capacidades a sectores tecnológicamente tradicionales, pero con un cambio interesante y logros significativos en la producción de conocimiento relacionado con el subcampo de los medicamentos en el que las naciones de América Latina han encontrado una alta oportunidad tecnológica reflejado en su alto crecimiento respecto a los otros subcampos. Los países de Latinoamérica comienzan a tener participación en tecnologías del sector moderno Urraca-Ruiz (2019) identifica una incursión de estos países a tecnologías dinámicas como las audiovisuales, semiconductores, de información y electrónica. Sin embargo, los países de América Latina se han especializado en tecnologías relacionadas a la explotación de su dotación de recursos naturales, mientras que los países desarrollados se especializan en tecnologías de alta oportunidad y cambio tecnológico (Urraca-Ruiz, 2019).

Gráfica 4.12: Los siete subcampos con mayor producción de patentes en México del 2000 al 2014
(Número de patentes)



Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022.

Los cambios observados en el patentamiento por subcampos tecnológicos en los países desarrollados y de América Latina implican la existencia de diferentes regímenes tecnológicos²². Aspecto que se identifica en su especialización tecnológica dirigida a los subcampos del cómputo y comunicaciones, así como en eléctrica y electrónica. Mientras que los países de América Latina poseen una especialización tecnológica dirigida al sector tradicional, específicamente en el campo de la química.

²² Régimen tecnológico, definido en la página 10 a partir de Castellacci (2007).

Los países desarrollados poseen regímenes de alta oportunidad, caracterizados por un alto dinamismo tecnológico (Revilla & Fernández, 2012). Además, los campos tecnológicos a los que se dirigen las naciones desarrolladas. Al inicio del periodo se caracterizaban por una alta oportunidad y complejidad tecnológica que aprovecharon al poseer las capacidades tecnológicas suficientes para ser utilizadas en estos campos modernos. Sin embargo, en la actualidad se caracterizan por una alta acumulabilidad provocada por sus altos niveles de producción de conocimiento en esos campos del sector tecnológicamente moderno (Park Lee, 2006).

Es decir, la probabilidad de generar nuevos conocimientos en estos campos se ve reforzada por las competencias tecnológicas ya adquiridas y el conocimiento previamente creado (Marsili; 2002; Park & Lee, 2006; Revilla & Fernández, 2012). Lo anterior implica que las naciones de América Latina presenten dificultades para incorporarse a estos subcampos tecnológicos debido a que no han desarrollado el conocimiento y las capacidades innovadoras y de absorción necesarias para lograr el éxito en estos campos tecnológicamente modernos e incorporarlos a su especialización tecnológica.

Para complementar el análisis es necesario identificar para el caso de los países de América Latina las nacionalidades de las empresas, universidades y centros de investigación que participan en la producción de nuevo conocimiento tecnológico de Brasil y México, con la intención de calcular el porcentaje de las patentes que pertenecen a agentes extranjeros. Esta exploración permite identificar si la producción del conocimiento en el sector moderno depende de la creación de capacidades tecnológicas propias en las naciones de América Latina o de las capacidades de los países extranjeros que tienen participación en estos países. Al poseer un número bajo de patentes en el sector tecnológicamente moderno a comparación con los países desarrollados es posible realizar un análisis sobre las nacionalidades de origen de las empresas que colaboran en la producción de conocimiento tecnológico en México y Brasil. En las tablas 5.6, 5.7, 5.8 y 5.9 ubicadas en anexos, se presenta el listado de los propietarios del conocimiento tecnológico moderno de estos países de América Latina.

En el caso de Brasil, se aprecia en la tabla 5.6 ubicada en los anexos que, en el año 2000, de los seis agentes que participaron en la producción de conocimiento tecnológico del sector moderno, solo una empresa fue extranjera, Johnson & Johnson, participando en una patente

del subcampo de Instrumentos Médicos y Quirúrgicos. Mientras que el agente con mayor participación fue Petróleo Brasileiro (PETROBRAS), una empresa semipública²³ brasileña. En el año 2014, la tabla 5.7 de anexos describe que la participación de los propietarios extranjeros aumenta, incluso hay participación de diversas nacionalidades como Estados Unidos de América, Suiza, Corea del Sur, Suecia, Canadá y Argentina. En el último año del periodo 13 de los 46 propietarios del conocimiento son extranjeros. Entre las tres empresas más relevantes se encuentra: 1) Whirlpool, una empresa norteamericana que participa en nueve patentes del sector tecnológicamente moderno, colaborando en los campos de la eléctrica y la electrónica, así como en el de cómputo y comunicaciones; 2) Tyco Electronics, una empresa con matriz en Suiza, participa en cuatro patentes que se distribuyen en los subcampos de Aparatos Eléctricos y de Instrumentos de Medida Observación; y 3) Samsung Electronics, una empresa con sede en Corea del Sur, participa con cuatro patentes que se distribuyen en los subcampos del cómputo y comunicaciones.

Para el caso de México, al inicio del periodo solamente uno de los seis propietarios del conocimiento es extranjero. El agente es la Universidad de California, universidad estadounidense que participa en cuatro patentes de los subcampos del cómputo, biotecnología, Instrumentos de Medida Observación, así como en Rayos X y Nucleares. En el 2014, se aprecia en la tabla 5.9 que los propietarios extranjeros aumentan ligeramente, ahora existen tres propietarios estadounidenses que colaboran en la producción de conocimiento en el sector moderno, estos agentes son: 1) Intellicyt Corporation, con sede estadounidense, participa en una patente del subcampo de Instrumentos de Medida Observación; 2) University of Pittsburgh, participa en una patente del subcampo de la biotecnología; y 3) The University of Chicago, participa en una patente que también es del sector de la biotecnología.

A partir de lo anterior, se concluye que se incrementa la participación de agentes extranjeros en la producción de conocimiento tecnológico perteneciente al sector tecnológicamente moderno en Brasil. Este país comienza el periodo con una participación del 16.66% del total de agentes y del 12.5% en la colaboración de patentes. Mientras, que cierra el periodo con

²³ Las empresas semipúblicas poseen una acción conjunta con un mínimo de dos socios de carácter privado y público (Dávalos, 2003).

una participación del 28.26% de agentes extranjeros respecto a los brasileños y una participación en la producción de conocimiento tecnológico del 33.72% por parte de los agentes extranjero, así que en los últimos años la producción de conocimiento tecnológicamente moderno depende en al menos un tercio de la participación de las capacidades nacionales extranjeras en Brasil. Para el caso de México, el aumento de los agentes extranjeros en la producción de conocimiento del sector tecnológicamente moderno es pequeño, incluso al inicio del periodo participaban en una cantidad mayor de patentes.

Por lo tanto, en México las empresas extranjeras han tenido poco impacto en la producción de nuevo conocimiento tecnológico lo que podría explicar sus resultados más bajos en producción de nuevo conocimiento tecnológico respecto a Brasil. Sin embargo, estos resultados indican que la producción de nuevo conocimiento en el sector moderno depende casi en su totalidad de las capacidades nacionales que ha creado México. Uno de los posibles factores explicativos de este fenómeno, se refiere a la apertura comercial que favoreció las derramas de conocimiento tecnológico que proveen las patentes extranjeras, así como la necesidad de los propietarios extranjeros del nuevo conocimiento de expandir su mercado (Maradana et al., 2017). Los hallazgos de este apartado coinciden con los resultados obtenidos por Guzmán et al. (2018) en su trabajo, donde identifica que en países como México existe un dominio de los agentes extranjeros en las solicitudes y concesiones de patentes e identifica que es una tendencia que ha ido en aumento en la producción de conocimiento codificado en patentes en el sector tecnológicamente moderno.

Finalmente, para complementar el análisis de campos tecnológicos se explora la participación de las patentes del 2000 al 2014 de los países desarrollados y de América Latina en las clasificaciones tecnológicas que no están contempladas en la clasificación por campos tecnológicos de Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001)²⁴. Estas clasificaciones son emergentes, así que describen nuevas oportunidades tecnológicas para los países, además los países con mayores capacidades tecnológicas podrán incursionar a las nuevas tecnologías, dirigiendo sus esfuerzos de creación de conocimientos a nuevos campos (Park Lee, 2006). En la tabla 4.13 se observa la participación en nuevas clasificaciones tecnológicas de Alemania que

²⁴ Las clases tecnológicas analizadas en esta sección se refiere a las clases que Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) no incorporaron a su clasificación por campos tecnológicos, debido a que surgen posteriormente a la creación de su clasificación.

participa a lo largo del periodo de tiempo en doce nuevas clases tecnológicas entre las que se distribuyen 2,095 patentes. Las cinco clases tecnológicas en las que posee mayor participación a lo largo del tiempo estudiado son: 715 procesamiento de datos (878 patentes), 398 comunicaciones ópticas (302 patentes), 977 nanotecnología (274 patentes), 903 vehículos eléctricos híbridos (201 patentes) y 901 Robots (194 patentes).

Tabla 4.13: Participación en las clases tecnológicas emergentes no clasificadas por Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) de Alemania del 2000 al 2014

Países	Alemania											
Clases	398	506	715	850	901	902	903	930	976	977	984	987
2000	8	2	4	7	7	2	9	5		10		
2001	11	2	5	5	11	1	12	4	1	16		2
2002	15	3	18	6	9	1	11	2		19		
2003	18	10	9	12	19	4	15	3		39	1	
2004	27	5	19	12	14	1	15	4		13		1
2005	20	5	17	13	12	2	12	5		12		
2006	23	2	35	1	8	4	1	1	1	4		1
2007	20	2	48	1	9	2	8	1		12		
2008	9	7	67		6	2	14	2		6		
2009	15	3	93	3	5		8	2		16		
2010	23	6	149	6	12	1	10	1		22		1
2011	22	1	98	4	12	3	5	3		14		
2012	21	4	99	8	18	3	29	1		18		
2013	30	7	95	9	24	5	29			27		
2014	40	13	122	8	28	5	23		1	46		

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022.

Las tecnologías emergentes tienen el potencial de mejorar el crecimiento económico y aumentar el producto interno bruto de las naciones (Groen & Walsh, 2013). La elección de los campos emergentes en los que dirigen y construyen capacidades las naciones es fundamental, debido a que existen oportunidades científicas y tecnológicas infinitas, pero con recursos humanos y científicos escasos (WIPO, 2022). La tabla 4.14 presenta la participación en las nuevas clasificaciones tecnológicas de Corea del Sur. Este país participa en once nuevas clases tecnológicas entre el 2000 y el 2014, se distribuyen entre esas clases 2,767 patentes. Las cinco clases tecnológicas en las que posee mayor participación a lo largo del tiempo estudiado son: 715 procesamiento de datos (1,083 patentes), 977 nanotecnología

(743 patentes), 398 comunicaciones ópticas (625 patentes), 901 Robots (167 patentes) y 506 tecnología química combinatoria (46 patentes).

Tabla 4.14: Participación en las clases tecnológicas emergentes no clasificadas por Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) de Corea del Sur del 2000 al 2014

Países	Corea del Sur										
	398	506	715	850	901	902	903	930	976	977	987
2000	21		22		8		1			3	
2001	20		25	2	3					8	
2002	21		14	4	9		1			15	
2003	17	2	15	8	8					19	
2004	22	1	7	4	7	2				22	
2005	21	2	11	6	4	1	2			18	
2006	42	3	31		5	2		1		20	
2007	75		29		10		1			16	
2008	80	5	23		3	1	1			30	
2009	42	1	50		4				1	45	
2010	43	3	72	4	10		3	1	2	86	
2011	56	8	86	4	12	4	3			111	1
2012	49	8	171	4	19	3	2			108	
2013	59	3	227	5	26	2	6		1	119	
2014	57	10	300	4	39	1	15			123	

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022.

Tabla 4.15: Participación en las clases tecnológicas emergentes no clasificadas por Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) de América Latina del 2000 al 2014

Países	Brasil					México		
	398	506	715	902	977	398	901	977
2005				1				
2006			1					1
2007								
2008								1
2009	1	1						
2010			1					2
2011								
2012	1					1		1
2013	1				1		1	2
2014					3	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022.

En el caso de América Latina, la tabla 4.15 representa su participación en las nuevas clasificaciones tecnológicas de Brasil y México. Brasil participa en cinco nuevas clases

tecnológicas con 11 patentes desde el 2000 a las 2014. México solo participa en tres nuevas clases tecnológicas con 12 patentes en el periodo de tiempo analizado. Sin embargo, comienzan a participar en estas nuevas clases tecnológicas a partir del año 2005 para Brasil, y a partir del año 2006 para México. En el caso de Brasil las clases tecnológicas en las que tiene participación son: 977 nanotecnología (4 patentes), 398 comunicaciones ópticas (3 patentes), 715 procesamiento de datos (2 patentes), 506 tecnología química combinatoria (1 patente) y 902 transferencia electrónica de fondos (1 patente). Finalmente, México en las tres clases tecnológicas en las que tiene participación son las siguientes: 977 nanotecnología (8 patentes), 398 comunicaciones ópticas (2 patentes) y 901 Robots (2 patentes).

Park & Lee (2006) identifican en su estudio que las economías con intención estratégica de lograr un proceso exitoso de *catch up* incursionan constantemente en campos tecnológicos emergentes, mientras que las naciones en desarrollo poseen dificultades para incorporarse a campos emergentes, debido a que no han desarrollado el conocimiento y las capacidades necesarias para lograr el éxito en estos campos. Lo anterior se sustenta con la evidencia empírica de esta sección. Las naciones desarrolladas poseen una gran producción en las clases tecnológicas emergentes con un dominio estratégico en el procesamiento de datos, nanotecnología comunicaciones ópticas y robots, mientras que los países de América Latina poseen números cercanos a cero en las clases emergentes con una clara orientación estratégica hacia la nanotecnología.

En conclusión, la hipótesis se comprueba parcialmente, los países desarrollados poseen una mayor proporción de su conocimiento tecnológico en el sector tecnológicamente moderno. Sin embargo, las capacidades y esfuerzos de Alemania poseen una mayor participación en el sector tecnológicamente tradicional (51.7%) en el 2014. Corea del Sur es el tercer mayor productor mundial de conocimiento de tecnología computacional, el segundo en maquinaria eléctrica, aparatos y energías, y el mayor productor mundial de conocimiento en la comunicación digital (WIPO, 2022). Alemania es el tercer mayor productor en el mundo en conocimiento dirigido a instrumentos de medición, el segundo en patentes de transporte y es líder mundial en la producción de conocimiento en maquinaria eléctrica, aparatos y energías (WIPO, 2022). Mientras que en los países de América Latina se comprueba que dirigen sus capacidades y esfuerzos a la producción de conocimiento en mayor parte del sector tecnológicamente tradicional.

También es destacable que todos los países poseen un crecimiento importante en la producción de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno. Este crecimiento ha causado que se modifiquen sus estructuras de especialización tecnológica. En el periodo analizado el campo tecnológico más relevante de Alemania cambió de la química a la eléctrica y la electrónica, impulsado por una mayor participación en los subcampos de las comunicaciones, hardware y software, sistemas de energía y semiconductores. Corea del Sur inició con una participación dominante en el sector moderno, por lo que su estructura de especialización tecnológica se mantuvo con pocos cambios, como una mayor participación en los subcampos de la iluminación eléctrica.

Los países de América Latina igual presentan cambios en su estructura de especialización tecnológica hacia el sector tecnológicamente moderno. Principalmente con una incursión en los subcampos de medicamentos y en el hardware y software, que en ambos países pertenecen a los subcampos con mayor producción de conocimiento. En estos países de América Latina, a través de la evidencia empírica se identifica que han requerido de la participación de universidades y centros de investigación para producir conocimiento tecnológico en subcampos tecnológicamente modernos. Además, Brasil ha necesitado de incorporar capacidades tecnológicas extranjeras, a través de las empresas del extranjero que han colaborado en el 2014 en el 33.72% de la producción de conocimiento tecnológico codificado en patentes pertenecientes al sector moderno. La participación de capacidades extranjeras es fundamental, poseen una especialización en campos con alta oportunidad tecnológica que necesitan incorporar los países de América Latina, a través de sus capacidades tecnológicas, específicamente mediante sus capacidades de absorción (Ruiz, 2013).

Finalmente, los resultados obtenidos sugieren que las capacidades tecnológicas de los países desarrollados les permiten incursionar en las clases tecnológicas emergentes, con una gran participación en el procesamiento de datos, nanotecnología, comunicaciones ópticas y robots. Mientras que los países de América Latina poseen capacidades tecnológicas bajas para explorar nuevos campos tecnológicos y es hasta el año 2005 que comienzan a hacerlo con una baja participación en la nanotecnología.

4.2 Evolución de las capacidades tecnológicas nacionales

En esta segunda sección del capítulo se presenta el análisis de las capacidades tecnológicas nacionales de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México en el periodo de tiempo del 2000 al 2018. Estas capacidades tecnológicas nacionales (CTN) se refieren al conjunto de las diversas fuentes de conocimiento tecnológico que evoluciona en el tiempo a partir de los esfuerzos de inversión y dotación de recursos en el capital humano, la infraestructura tecnológica y su actividad de innovación para la creación eficiente de nuevo conocimiento tecnológico, con la intención de lograr un crecimiento productivo y desarrollo del bienestar en el conjunto de la economía (Nelson, 1971; Abramovitz, 1986; Fagerberg y Godinho, 2004; Castellacci, 2011; Sharma et al., 2021).

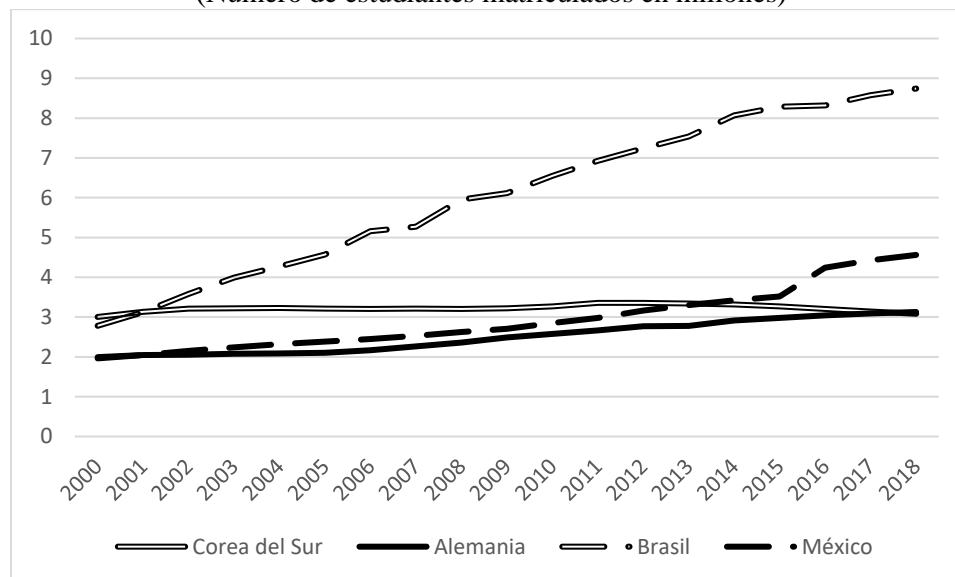
Para vislumbrar las capacidades tecnológicas de los cuatro países se calcularon tres dimensiones de indicadores que integran el Índice de Capacidades Tecnológicas (ICTN) que se presentan en los siguientes apartados. Las dimensiones analizadas son los recursos disponibles, esfuerzos realizados y el conocimiento utilizable para la conformación de las capacidades tecnológicas nacionales. En esta sección del capítulo, los gráficos que muestren la comparación de los indicadores que conforman el ICTN, seguirán el mismo diseño, presentando líneas punteadas para los países de América Latina (de relleno blanco para Brasil y negro para México) y líneas continuas para los países desarrollados (de relleno blanco para Corea del Sur y negro para Alemania).

4.2.1 Recursos disponibles para la conformación de CTN

La primera dimensión que se revisa es la base disponible de recursos que conforman las capacidades, se utilizan indicadores de capital humano y de infraestructura tecnológica. El capital humano calificado con sus habilidades y capacidad de aprendizaje proporcionan las condiciones para adaptarse productivamente al cambio organizacional provocado por la innovación para seleccionar, adquirir y asimilar el conocimiento tecnológico externo, y crear nuevo conocimiento (Aboites & Soria, 2008). Las capacidades tecnológicas están fuertemente asociadas con las habilidades humanas, el conocimiento codificado y las infraestructuras tecnológicas que solo tienen valor si son utilizadas por personas calificadas

(Castellacci, 2011). Para identificar este capital humano calificado se utilizó la matrícula universitaria y el personal dedicado a la I+D.

Gráfica 4.16: Matrícula universitaria de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México
(Número de estudiantes matriculados en millones)



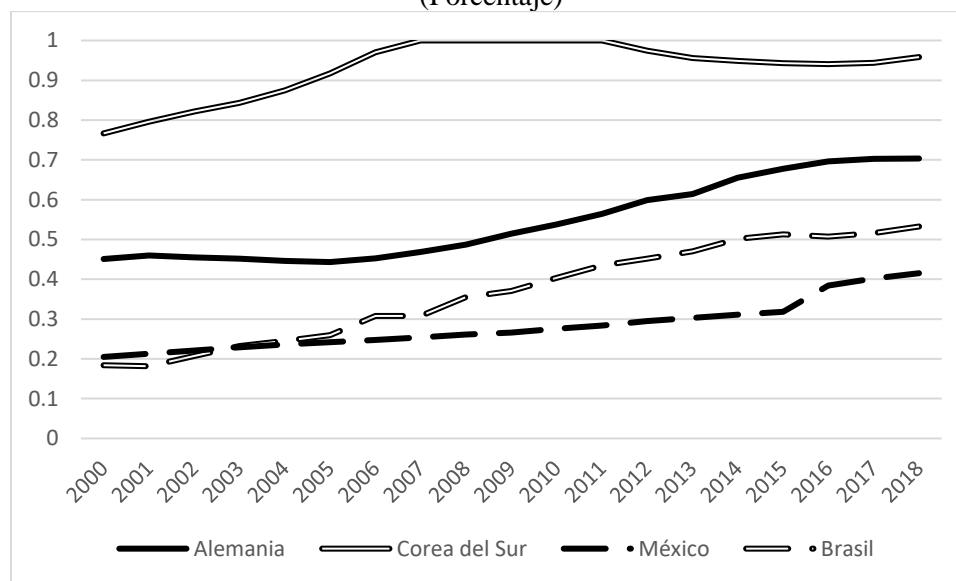
Fuente: Elaboración propia con datos del UNESCO 2022.

La gráfica 4.16 describe la evolución de la matrícula universitaria de los países analizados. Se aprecia que Brasil es el país con mayor crecimiento en su matrícula universitaria, comienza como segundo lugar con un valor de 2.781 millones, pero con una tasa de crecimiento anual del 6.65% logra ser el país con mayor matrícula a partir del año 2002 obteniendo al final del periodo una matrícula de 8.741 millones que representa al menos el doble de los valores obtenidos por los otros países (UNESCO, 2022). Corea del Sur comienza el periodo como el país con mayor número de matriculados, sin embargo, ha presentado tasas de crecimiento promedio de solo el .16%, por lo que termina el periodo en la cuarta posición con una matrícula de 3.083 millones (UNESCO, 2022).

México y Alemania comienzan el periodo con valores similares, pero sus tasas de crecimiento promedio anual en el periodo analizado fueron diferentes. Alemania presentó tasas de 2.54% en promedio, mientras que México obtuvo tasas del 4.85%, lo que explica que México terminara el periodo como el país con el segundo mayor número de matriculados, con un valor de 4.561 millones, aunque representa solamente un poco más de la mitad de los resultados de Brasil (UNESCO, 2022).

En estudios como el de Guzmán (2017) y López (2008) se identifican las tendencias de rápido crecimiento en la matriculación de estudiantes en las universidades como resultado de esfuerzos y planificación mancomunada del estado, instituciones de educación superior y ciudadanos. Entre los factores explicativos, destaca un cambio de perspectiva de América Latina de la educación superior, ya no solo se dirige para formar para la producción de bienes económicos, sino con la intención de dotar habilidades para la vida, el pensamiento complejo, el pensamiento crítico y transformación social, con la intención de que sean capaces de aportar a la producción de conocimiento (Guzmán, 2017). También los altos niveles de crecimiento en la matriculación son explicados como lo hace López (2018) por la existencia de tendencias de integración de sectores sociales que anteriormente eran excluidos por razones geográficas; económico-sociales; de sexo, entre otras. Incluso, existe un cambio en las instituciones de educación universitaria para responder al contexto de las economías del conocimiento trascendiendo de instituciones tradicionales en universidades innovadoras (López, 2018).

Gráfica 4.17: Proporción de matriculados en educación universitaria respecto a las personas en edad de estudiar de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil del 2000 al 2018 (Porcentaje)

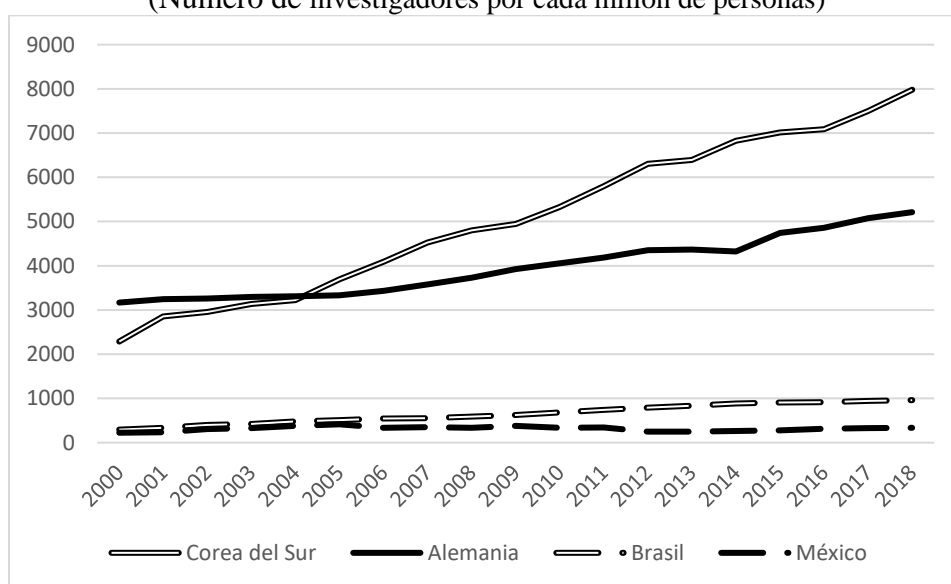


Fuente: Elaboración propia con datos de la UNESCO 2022.

Sin embargo, los buenos resultados de América Latina son relativos si se compara el acceso a la educación superior respecto a la población en edad de acceder a esta educación. La

relatividad de los datos se presenta en la gráfica 4.17, donde es identificable que las naciones de América Latina a pesar de tener los mayores niveles de matriculación, sus tasas de acceso a la universidad son las más bajas, es decir poseen una mayor proporción de población en edad de acceder a la educación superior que no están estudiando. Los países desarrollados en el 2018 poseen tasas de acceso a la educación superior mayores al 70%, incluso Corea del Sur ha presentado a lo largo del periodo tasas muy cercanas al 100% lo que explica porque su matrícula no ha crecido aceleradamente, debido a que posee una cobertura total (UNESCO, 2022).

Gráfica 4.18: Personal de I+D de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México (Número de investigadores por cada millón de personas)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial 2022.

La gráfica 4.18 también describe la disponibilidad de capital humano calificado, en específico el personal dedicado a actividades de investigación y desarrollo (I+D) de los países analizados. Los países desarrollados son dominantes en este indicador. Alemania comienza el periodo como el país con mayor número de investigadores (3,167) por cada millón de personas. A lo largo del periodo presentó tasas de crecimiento promedio anual del 2.83%, logrando una cantidad de 5,211 investigadores por millón de personas en 2018 (Banco Mundial, 2022). Corea del Sur inicia el periodo con el segundo mejor desempeño con 2287 investigadores por cada millón de personas, además fue el país con mayores tasas de crecimiento promedio anual con valores del 7.32% provocando que finalizará el periodo

como el país, respecto al conjunto analizado, con el mayor número investigadores (7,980) por millón de personas (Banco Mundial, 2022).

Los países de América Latina poseen resultados que se aproximan a solamente una décima parte de los valores obtenidos por los países desarrollados. El país con mejor desempeño de este subconjunto es Brasil que comienza con valores similares a México, pero con una tasa de crecimiento promedio anual del 6.87% logra posicionarse al final del periodo como el tercer mejor desempeño del indicador con 961 investigadores por millón de personas, respecto a los 338 que posee México en 2018 (Banco Mundial, 2022).

En esta categoría analítica de capital humano calificado, los resultados de la cantidad de personal dedicado a actividades de I+D son distintos a los de la matriculación universitaria. Se aprecia que los países de América Latina son los que obtienen menores valores a pesar de ser los países con mayor matriculación universitaria por sus elevados niveles de población en edad de cursar la educación superior, pero cuestiones como la deserción escolar y la calidad de la educación pueden afectar su incorporación de capital humano calificado a las actividades de I+D necesarias para la producción de nuevo conocimiento tecnológico.

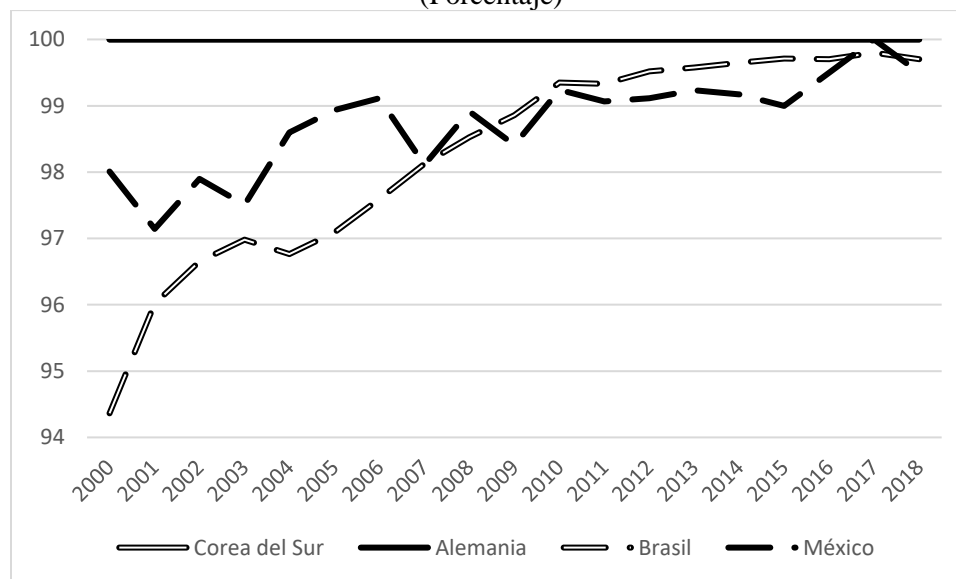
El segundo elemento que conforma la dimensión de recursos base para las CTN es la infraestructura tecnológica que agrupa la infraestructura física, y la maquinaria y equipo destinado al desarrollo tecnológico de las naciones. Esta infraestructura no está conectada a las capacidades industriales, pero sí a la difusión y disponibilidad para la producción y acceso de conocimiento, representados con los indicadores de acceso a la electricidad y al internet²⁵ (Archibugui & Coco, 2004).

Las gráficas 4.19 y 4.20 describen la infraestructura tecnológica de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México del 2000 al 2018. En la gráfica 4.18 se aprecia que Alemania y Corea del Sur desde el inicio del periodo poseen una tasa de acceso a la electricidad del 100%. Mientras que los países de América Latina presentan coberturas inferiores. México comenzó el periodo con una cobertura del 98.06% y Brasil empieza con el peor nivel de cobertura del 94.36%, ambos países a lo largo del periodo poseen un buen desempeño, disminuyendo la distancia con los países desarrollados, cerrando el periodo con coberturas de acceso a la electricidad

²⁵ Se define la relevancia de estos indicadores a partir de Archibugui & Coco, (2004), Lugones (2007) y Castellacci (2007) en la página 33.

del 99.7% para Brasil que logra a superar a México estando por debajo con una cobertura del 99.5% (Banco Mundial, 2022).

Gráfica 4.19: Acceso a la electricidad de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México (Porcentaje)



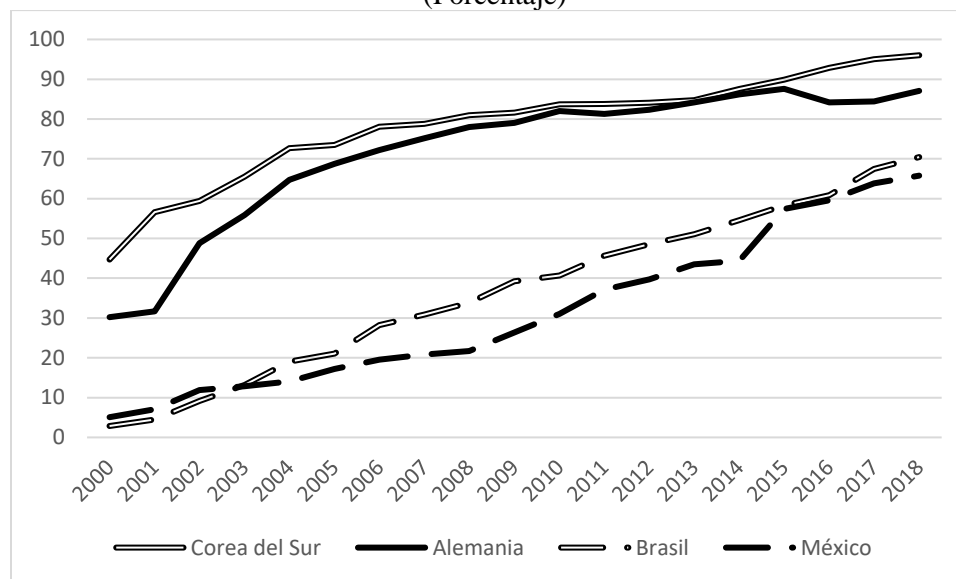
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial 2022.

En el indicador de acceso a Internet presentado en la gráfica 4.19 también se aprecia un dominio de los países desarrollados, aunque también se puede observar que los cuatro países poseen un desempeño positivo. En el periodo de tiempo analizado Corea del Sur es el país dominante en el indicador analizado y es seguido solo por Alemania, es posible que exista una relación con su desempeño en el indicador de acceso a la electricidad, debido a que sin electricidad no podrían tener acceso a Internet. Corea comienza con una cobertura del 44.7% y finaliza con un valor del 96.02% acercándose a una cobertura total. Alemania en el 2000 posee una cobertura de Internet del 30.22% y finaliza con un crecimiento de casi el triple, logrando una tasa de cobertura de Internet del 87.04% (Banco Mundial, 2022).

Los países de América Latina comienzan con tasas de penetración de Internet inferiores al 10%, en el periodo de tiempo analizado poseen un comportamiento similar. México al inicio del periodo mostraba una tasa de cobertura del 5.08% y Brasil del 2.87%. A partir del año 2003, Brasil obtiene mejores niveles de penetración de Internet hasta el final del periodo, en el que Brasil termina con una tasa de cobertura del 70.43%, mientras que la de México se

presenta como el país con menores niveles de cobertura de Internet con un 65.77% (Banco Mundial, 2022).

Gráfica 4.20: Acceso a Internet de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México (Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial 2022.

Por lo tanto, en la primera dimensión se observa, a través de la evidencia empírica, un desarrollo de todos los países de su infraestructura tecnológica con un dominio de los países desarrollados en los indicadores analizados. La importancia de la infraestructura tecnológica es su uso para la generación y difusión de innovaciones (Gutti et al., 2019). Gutti (2019) identifica en su investigación que las naciones de América Latina registran importantes progresos en la construcción de su infraestructura tecnológica, a través de la edificación de nuevos espacios de trabajo, adquisición de equipos y el uso eficiente de grandes instrumentos y bases de datos, pero con una ausencia de planificación que considere los problemas y las necesidades de infraestructura. Lo anterior corresponde con los hallazgos analizados en esta sección, la infraestructura tecnológica muestra grandes avances, pero con un claro atraso en la infraestructura de servicios de Internet.

También se incorporó el análisis de educación y el capital humano altamente calificado para emprender actividades de I+D. Los países desarrollados poseen mayor disponibilidad de capital humano calificado para realizar actividades de I+D. Vessuri (2007) al analizar la formación de investigadores en América Latina observa un crecimiento acelerado en las

últimas décadas del número de investigadores, pero el crecimiento es insuficiente con problemas de desarticulación que impiden se incorporen al mercado laboral, cuestión que se destacó como una debilidad en el índice global de competitividad para Brasil y México. A través de la evidencia empírica de esta sección es notable que los países de América Latina disponen de una mayor formación de capital humano calificado pero una cantidad baja de investigadores, confirmando que poseen dificultades para incorporarse a las actividades de I+D.

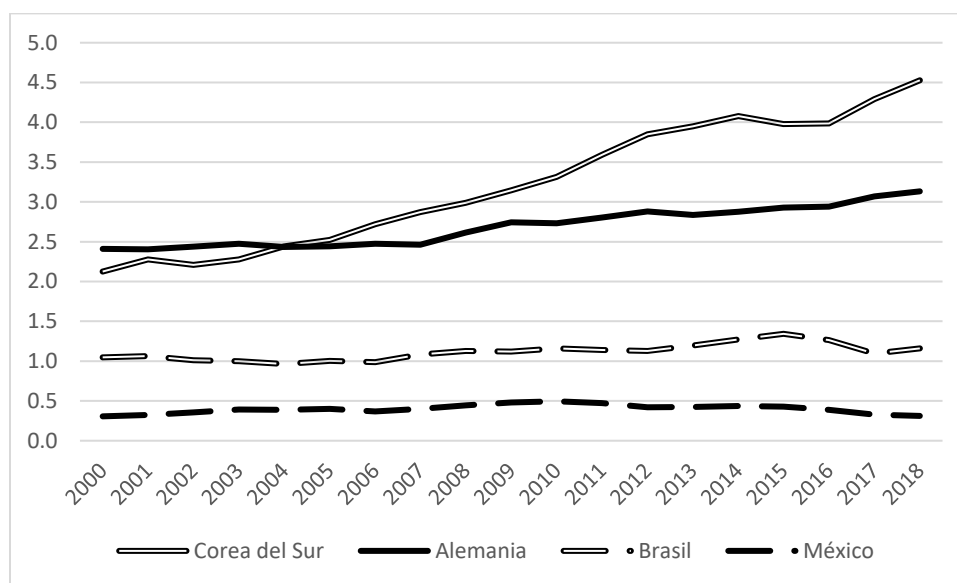
4.2.2 Esfuerzos realizados para la conformación de CTN

La segunda dimensión se refiere a los esfuerzos realizados para continuar desarrollando capacidades tecnológicas, se considera la categoría analítica de inversión necesaria para generar nuevo conocimiento. Se incorpora el indicador de gasto en educación, que permite la estimación de capital humano calificado, a través de gasto en equipo educativo y edificios escolares, el tiempo y esfuerzo del personal de enseñanza y finalmente el tiempo y esfuerzo del individuo que está siendo educado (Merrett, 1996). En la gráfica 4.21 se presenta la evolución del 2000 al 2018 del indicador de gasto en investigación y desarrollo (I+D) en Alemania, Corea del Sur, Brasil y México. Los países desarrollados poseen mejores esfuerzos en este indicador. Se aprecia que Alemania comienza el periodo con la mayor inversión del 2.41%, sin embargo, Corea del Sur que inicia por debajo con una inversión del 2.12%, obtiene mayores tasas de crecimiento y logra superar a Alemania a partir del año 2004 (Banco Mundial, 2022). En el año 2018, los esfuerzos en inversión de Corea son notables, destinan una inversión del 4.52% respecto su PIB, mientras que Alemania solo los aumenta hasta el 3.13% (Banco Mundial, 2022).

Los países de América Latina poseen menores esfuerzos de inversión. Brasil en el periodo analizado permaneció como la tercera nación que más invierte en I+D, pero su inversión en 2018 es al menos tres veces menor a la de los desarrollados con solo 1.16% respecto al PIB (Banco Mundial, 2022). Finalmente, México es el país que menor inversión destina a I+D, mostrando en 2018 una inversión del .31% respecto al PIB (Banco Mundial, 2022).

También se integra el indicador de gasto en I+D que incentiva al aprendizaje y está relacionado con actividades formalizadas de I+D orientadas a generar nuevo conocimiento (Malerba, 1992). La gráfica 4.22 presenta los esfuerzos en inversión en educación del 2000 al 2018 de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México. Al inicio del periodo los cuatro países poseen niveles de inversión similares. Alemania comienza con la mayor inversión en educación con un 4.18%, muestra un crecimiento constante representado por una tasa de crecimiento promedio anual del 1.02% que le permite terminar el periodo en el segundo lugar con una inversión del 4.99%. Corea del Sur comienza con una inversión del 3.61% respecto al PIB, posee un crecimiento acelerado hasta el año 2013 en el que logra su mayor inversión en educación de 5.25% respecto al PIB (UNESCO, 2022). Sin embargo, a partir de este año, la inversión se reduce, terminando en el tercer lugar en el 2018 con una inversión del 4.45% respecto al PIB.

Gráfica 4.21: Gasto en I+D de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México (Porcentaje respecto al PIB)

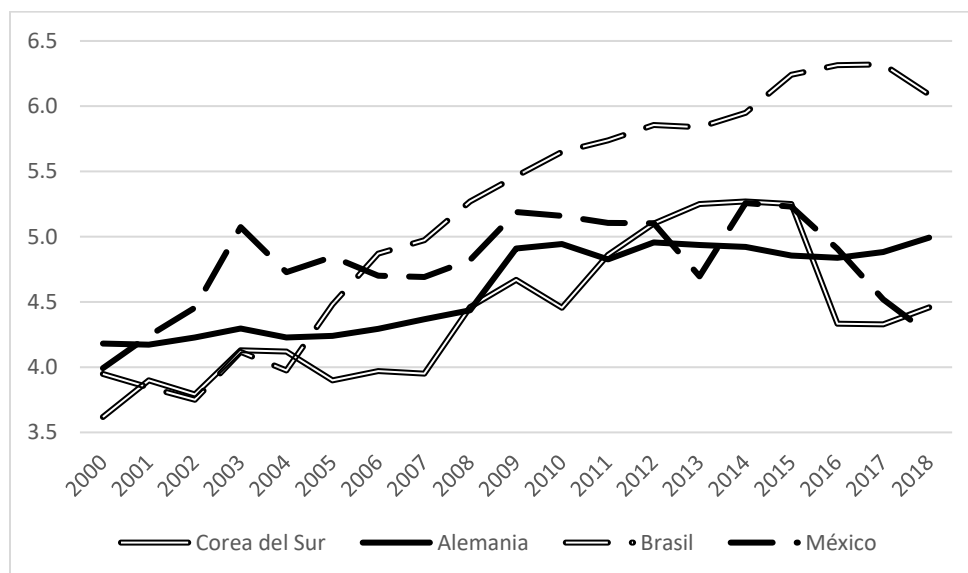


Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial 2022.

Los países de América Latina son los que poseen una mejor evolución en este indicador. Ambos países comienzan con una inversión del 3.9% de su PIB en educación. Brasil es el país con mayores tasas de crecimiento promedio anual del 2.5%, logrando ser el país que más invierte a partir del año 2006, logrando al final del periodo una inversión del 6.08% en educación. México en los años del 2001 al 2005 fue el país que mostró mayores niveles de

inversión en educación, sin embargo, comenzó a reducir sus esfuerzos posteriormente, lo que lo llevó a cerrar el periodo como el país con la menor inversión en educación con el 4.25% de su PIB (UNESCO, 2022).

Gráfica 4.22: Gasto en educación de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México (Porcentaje respecto al PIB)



Fuente: Elaboración propia con datos del UNESCO 2022.

Sin embargo, como se analizó en la primera dimensión de indicadores, relativamente el gasto en educación es insuficiente para integrar a la población que no tiene acceso, es decir, la inversión por estudiante es mucho menor a la inversión de los países desarrollados. En el 2018 los países desarrollados el gasto por estudiante están cercanos a la media del gasto por estudiante de los países pertenecientes a la OCDE (10,000 dólares), Alemania registra un gasto de 12,432 dólares por estudiante y Corea del Sur 11,290 dólares (OCDE,2021). Mientras que los países de América Latina poseen un gasto por estudiante de educación que se encuentra muy por debajo, México destina un gasto de 2,918 dólares y Brasil 3,256 dólares por estudiante (OCDE, 2021).

Por lo tanto, en los esfuerzos para construir capacidades tecnológicas nacionales, los países desarrollados son dominantes en los esfuerzos dedicados a las actividades de I+D, con escasos esfuerzos de los países de América Latina en I+D. Sin embargo, los países de América Latina han logrado realizar esfuerzos comparables en educación para generar un mayor nivel de capital humano calificado, incluso Brasil fue el país que más gasto destino en

mayor parte del periodo. Además, estos esfuerzos en gasto de educación de los países de América Latina han sido efectivos, debido a que se reflejan en los altos niveles de matriculación universitaria de los países de América Latina. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de Brasil y México todavía no se compara la calidad y el nivel de gasto en educación que poseen las naciones desarrolladas.

4.2.3 Conocimiento disponible para la conformación de CTN

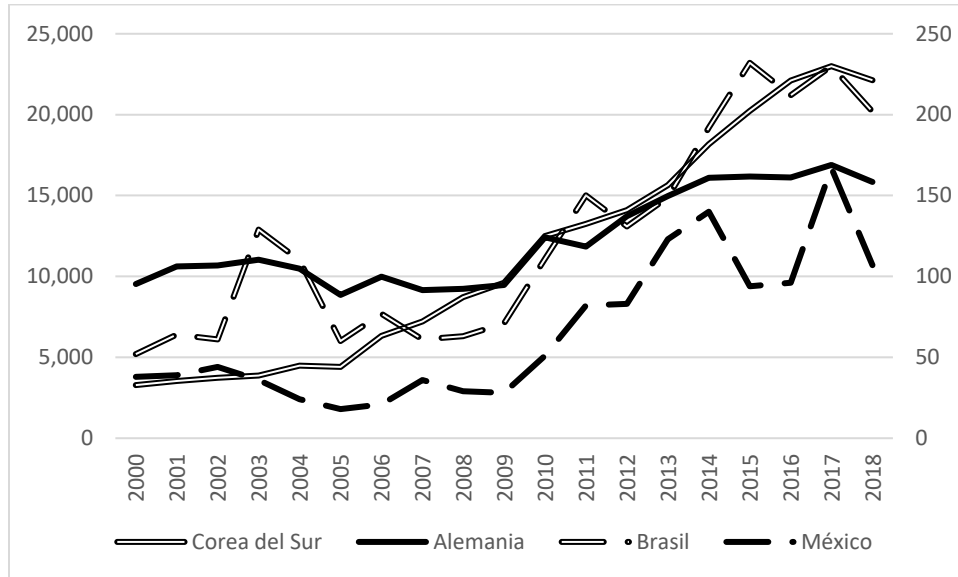
Finalmente, en la tercera dimensión se incorporarán los resultados obtenidos de la actividad en generación de nuevo conocimiento tecnológico que reflejan la actividad de innovación, midiendo este nuevo conocimiento tecnológico y científico a través de las patentes y los artículos científicos publicados. Se incorporan los indicadores de resultados, a través de la categoría analítica de nuevo conocimiento científico y tecnológico. Uno de los indicadores son las patentes concedidas que garantizan “*novedad en el conocimiento tecnológico, altura inventiva (no obviedad) y potencial para producirse industrialmente*” (Aboites & Soria, 2008, p. 68).

La gráfica 4.23 presenta los resultados obtenidos en producción de conocimiento tecnológico codificado en patentes de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México²⁶. La producción de conocimiento científico ha ido en aumento en todos los países, sin embargo, es muy desigual entre las naciones desarrolladas y de América Latina. Los países desarrollados muestran un nivel inicial de patentes concedidas alto. Alemania comienza como dominante el periodo mostrando un total de 9,528 patentes concedidas y fue el de mayor producción hasta el año de 2009 en el que fue superado por Corea del Sur, causando que termine el periodo como el segundo mayor productor de conocimiento tecnológico con 15,832 patentes concedidas en 2018 (USPTO, 2022). Corea del Sur comienza el periodo con una producción de conocimiento tecnológico que se aproximaba a la tercera parte de la producción de Alemania con 3,284 patentes concedidas. Sin embargo, esta situación cambia, y se convierte en la

²⁶ Para mostrar la evolución de esta producción fue necesario incorporar un eje secundario en escala de 1:100 que corresponde a las naciones de América Latina, debido a que la producción de conocimiento tecnológico de los países desarrollados es aproximadamente 100 veces mayor respecto a los países de América Latina.

nación con mayor producción de conocimiento tecnológico, logrando en 2018 una producción de 22,126 patentes concedidas (USPTO, 2022).

Gráfica 4.23: Patentes concedidas de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México (Número de patentes concedidas en USPTO)



Fuente: Elaboración propia con datos del USPTO 2022. Eje secundario referido a las patentes de México y Brasil.

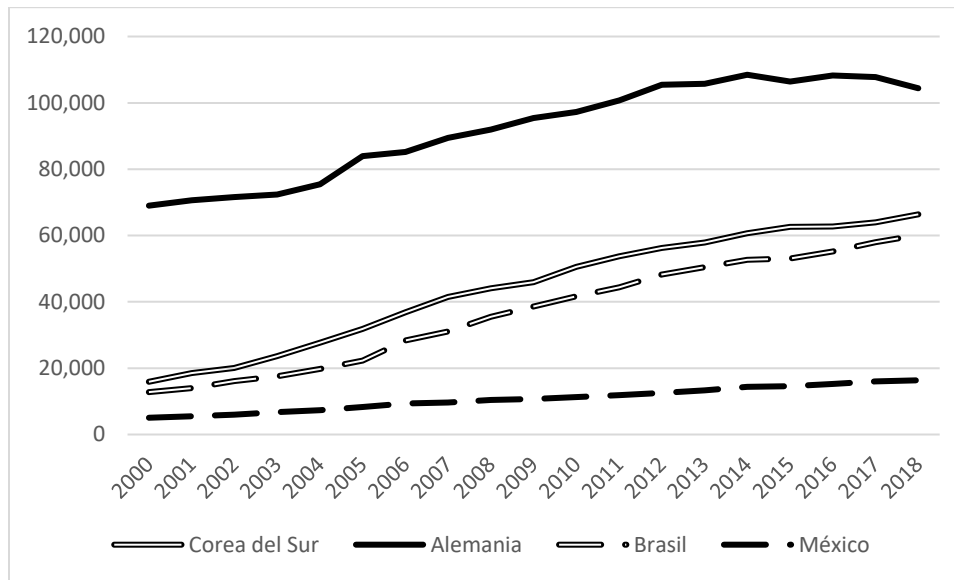
La producción de conocimiento tecnológico en los países de América Latina representa una centésima parte de la producción de los países desarrollados. Brasil es el que posee mayor producción de conocimiento tecnológico de estos países, inicia el periodo con 52 patentes, terminando en 2018 con 202 patentes concedidas (USPTO, 2022). Mientras que México es el país con la menor producción, iniciando con una producción de 38 patentes y finalizando el periodo con solo 107 patentes concedidas (USPTO, 2022).

El indicador de artículos publicados representa la producción científica de los investigadores de los diferentes países (FCCYT, 2014). Entonces, la investigación científica es la creación de conocimiento científico que se transmite a través de artículos científicos, como un informe escrito y publicado que presenta los resultados originales de su investigación (Miyahira, 1998). Este indicador representa la disponibilidad de conocimiento científico que posee una nación.

En la gráfica 4.24 se presenta la producción de conocimiento codificado en las publicaciones científicas de Alemania, Corea del Sur, México y Brasil del 2000 al 2018. Al igual que en el

indicador anterior, las naciones desarrolladas presentan mayores niveles de producción científica. Alemania es dominante en el periodo analizado de este indicador, inicia con un total de 69,002 artículos publicados, representando una producción de conocimiento al menos cuatro veces mayor a los demás países, a lo largo del periodo de tiempo muestra las tasas de crecimiento promedio más bajas, del 2.37%, pero inicia con una superioridad de producción de conocimiento tan grande que finaliza el periodo con una producción de 104,396 artículos publicados (Banco Mundial, 2022). Corea del Sur, en todo el periodo anterior, es el segundo país con mayor producción de conocimiento científico. Este país comienza el periodo con una producción de 15,905 artículos publicados, es el país que posee la segunda tasa de crecimiento anual promedio del 8.4% en su producción, logrando finalizar el periodo con un total de 66,370 artículos publicados (Banco Mundial, 2022).

Gráfica 4.24: Artículos publicados de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México
(Número de artículos publicados)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial 2022.

Los países de América Latina son los que poseen el desempeño más bajo. Sin embargo, Brasil no se aleja de los resultados obtenidos por Corea del Sur, comienza el periodo con un total de 12,783 artículos publicados y a lo largo del periodo es el país con la mayor tasa de crecimiento anual promedio de 9.13% en su producción científica, con lo cual, logra una producción en el año 2018 de 60,147 artículos publicados. México es el país con menor producción de conocimiento científico en el periodo analizado. Comienza con una

producción de solo 5,053 artículos publicados en el 2000, presentó tasas de crecimiento promedio anual menores a la de Brasil, con un crecimiento del 6.79%, por lo que no logró disminuir la distancia en la producción de conocimiento científico respecto a los demás países, obteniendo en 2018 el menor nivel de producción con 16,345 artículos publicados (Banco Mundial, 2022).

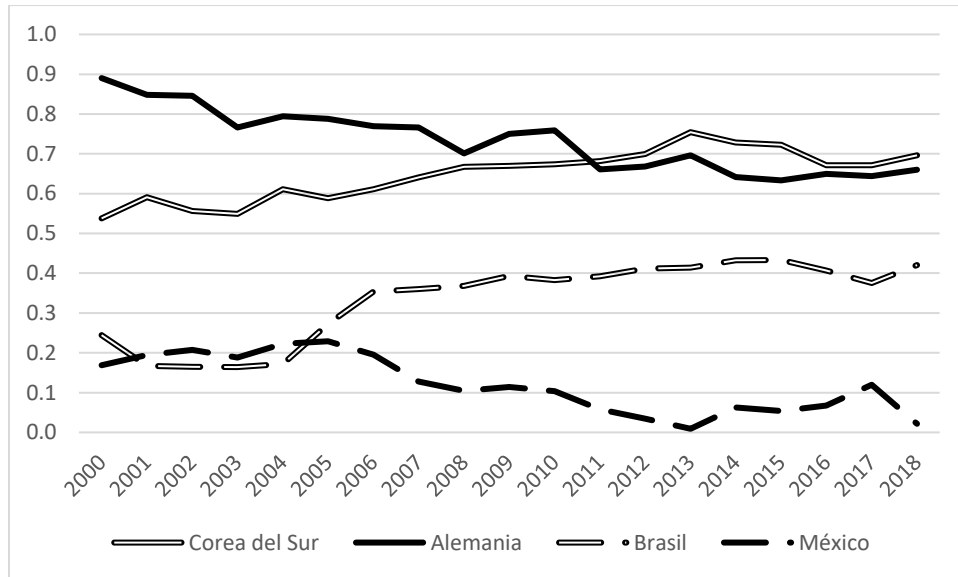
En esta tercera dimensión se realizó un análisis de la intensidad de innovación que incorpora la capacidad de creación de nuevo conocimiento tecnológico y científico (Castellacci, 2011), Se observa que los países desarrollados poseen una mayor producción de conocimiento científico y tecnológico, por lo que disponen de un mayor nivel de acervo de conocimiento, fundamental para crecer y desarrollarse en el modelo actual de las economías del conocimiento. También se identificó que los países de América Latina poseen una producción de nuevo conocimiento tecnológico muy baja, es 100 veces menor a las de los países desarrollados.

Los resultados obtenidos son compatibles con estudios del reporte de ciencia de la UNESCO de Soete et al. (2015) donde se identifica que en el 2013 Alemania y Corea del Sur participan en la producción de conocimiento tecnológico de hasta en un 6.3% y 5.3% de la producción mundial, mientras que los países de América Latina solamente aportan un .1% de la producción global de conocimiento tecnológico. Lo mismo sucede con la producción científica presentada en el reporte de ciencia de la UNESCO (2021) donde en el 2019 Alemania y Corea del Sur participaron en la producción científica del 4.45% y 4.13% del total mundial, mientras que los países de América Latina presentan una participación del 2% entre México y Brasil de la producción científica mundial. La baja producción de conocimiento tecnológico y científico de los países de América Latina está relacionada con el hecho de que su capital humano calificado como se apreció en las dimensiones anteriores no logra incorporarse al mercado laboral, ocasionando que se desarrollen principalmente en universidades e institutos públicos de investigación, y solo una minoría en empresas, generando un desarrollo científico mayor que el tecnológico (Vessuri,2007). Por lo tanto, el acervo de conocimiento de los países de América Latina se constituye principalmente por conocimiento científico.

4.3 Evolución de las capacidades tecnológicas nacionales y la brecha tecnológica

A partir de las tres dimensiones de indicadores de disponibilidad de recursos, esfuerzos de inversión y conocimiento disponible para la conformación de capacidades tecnológicas nacionales descritas anteriormente es posible presentar la evolución de las capacidades tecnológicas de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México, a través del Índice de Capacidades Tecnológicas Nacionales (ICTN). El análisis de las capacidades tecnológicas nacionales es relevante, debido a que es un componente fundamental del crecimiento económico y el bienestar de las naciones (Archibugui & Coco, 2004; Castellacci, 2011; Sharma et al., 2011). En la gráfica 4.25 se observa que las capacidades tecnológicas de los países desarrollados son superiores a las de los países de América Latina.

Gráfica 4.25: Evolución de capacidades tecnológicas de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México del 2000 al 2018.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022.

Las capacidades tecnológicas de Corea del Sur muestran una evolución favorable en su nivel de capacidades tecnológicas nacionales. Inicia el periodo con un nivel de capacidades tecnológicas nacionales que representan el 65.5% del nivel de capacidades de Alemania. Pero, a lo largo del periodo su buen desempeño reflejado por tasas de crecimiento anual del 1.6% logra reducir la brecha respecto a Alemania, y convertirse en el nuevo líder de capacidades tecnológicas del conjunto de cuatro países analizados a partir del año 2011. Esto

coincide con el índice global de innovación en el que Corea del Sur mejora su desempeño en la actividad innovadora, mostrando un desarrollo positivo hacia un contexto más favorable para la innovación (Oturakci, 2021). Aunque a lo largo del periodo muestra un decrecimiento en la dimensión de indicadores de recursos disponibles, principalmente en la categoría analítica de capital humano calificado. Asimismo, muestra un aumento en sus niveles de esfuerzos de inversión para la creación de capacidades, y en su producción de conocimiento, principalmente en la acumulación de conocimiento tecnológico codificado en patentes. Lo anterior le permite tener en el 2013 un nivel de capacidades un 8.3% mayor a Alemania, y finalizar el periodo como el país líder en capacidades tecnológicas nacionales.

Los países de América Latina poseen un nivel de capacidades tecnológicas inferior a los países desarrollados en todo el periodo de tiempo analizado. Ambos países inician con un nivel muy similar de capacidades tecnológicas nacionales. Brasil es el país con mayor crecimiento en el nivel de sus capacidades tecnológicas nacionales, presentó una tasa de crecimiento promedio anual del 4.4%, con la que logró en 2018 aumentar sus capacidades tecnológicas 1.7 veces en comparación con el año 2000.

El desempeño positivo de Brasil se aprecia en las tres dimensiones, en las que sobresalen los resultados en su matrícula universitaria, y gasto en educación en las que ha logrado ser líder del conjunto de países, así como su producción de conocimiento científico en el que ha mantenido resultados comparables con los países desarrollados. México a pesar de que inició con un nivel de capacidades tecnológicas similares a Brasil, su evolución indica un desempeño negativo en el periodo de tiempo analizado. El año en el que presentó el mayor nivel de capacidades tecnológicas fue en el 2005, año donde logró aumentar sus capacidades tecnológicas nacionales en un 35% respecto a sus capacidades del año 2000. Sin embargo, a partir del año 2006 la evolución del ICTN fue negativo, obteniendo al final del periodo valores del ICTN cercanos a cero, lo que indica que México es superado en todas las variables analizadas. Es un país que posee la menor cantidad de capital humano e infraestructura tecnológica, destina la menor inversión para la creación de capacidades tecnológicas nacionales, y posee la menor producción de conocimiento tecnológico y científico, ocasionando que no tenga la posibilidad de aumentar su acervo de conocimiento disponible.

En conclusión, existe un aumento generalizado de las capacidades tecnológicas nacionales del conjunto de países analizado, donde las naciones seguidoras han tenido un desarrollo más acelerado de sus capacidades tecnológicas nacionales respecto a Alemania que comienza el periodo como la nación líder en capacidades. Este hallazgo es compatible, parcialmente, con la evidencia empírica de Castellacci (2011) en la que identifica un aumento generalizado de las capacidades tecnológicas de 131 países, donde los países desarrollados, y de ingresos medios crecen menos aceleradamente, debido a que estos países se acercan a su frontera tecnológica. Sin embargo, el argumento anterior no se verifica de manera estricta en Corea del Sur y México.

No coincide para el caso de Corea del Sur porque a pesar de ser uno de los países líderes tecnológicamente continua con aumentos importantes en sus capacidades tecnológicas impulsado por sus esfuerzos de inversión para la creación de capacidades y en su alta producción de conocimiento tecnológico, superando desde el 2011 el nivel de capacidades de Alemania. Los resultados de México a pesar de ser una nación en desarrollo que logró incrementar sus capacidades tecnológicas de forma más acelerada que Alemania, en el periodo analizado no logró fortalecer sus capacidades tecnológicas nacionales con la velocidad que lo hicieron Corea del Sur y Brasil. México gráficamente representa unas capacidades que tienden a cero, sin embargo, no significa ausencia de capacidades tecnológicas nacionales, sino que comparativamente es el país con los niveles más bajos de desempeño en los indicadores analizados respecto a los países incorporados en el estudio. Además, este país presenta aumentos insuficientes en la generación de personal calificado dedicado a las actividades de I+D, provocado por sus bajos niveles de inversión y dificultades para incorporar al capital humano calificado en el sector productivo. Lo anterior se refleja en los bajos niveles de producción de conocimiento científico y tecnológico de México.

Finalmente, Brasil no ha logrado traducir sus elevados niveles de formación de capital humano calificado, desarrollo en infraestructura e inversión en I+D en un aumento significativo de su producción de conocimiento tecnológico. Sin embargo, el desarrollo acelerado en el periodo analizado de sus capacidades tecnológicas podría causar efectos positivos en su crecimiento y desarrollo al utilizarlas para hacer uso eficaz del conocimiento tecnológico del exterior, mediante esfuerzos por asimilar, utilizar, adaptar y cambiar las

tecnologías existentes importadas de manera eficiente (Castellacci, 2011; Sharma, 2021). Por lo tanto, la ventaja de utilizar las capacidades tecnológicas nacionales como capacidades de absorción es que resulta más sencillo modificar o agregar funciones al nuevo conocimiento recibido del exterior que generarlo (Crespo & Velázquez, 2004).

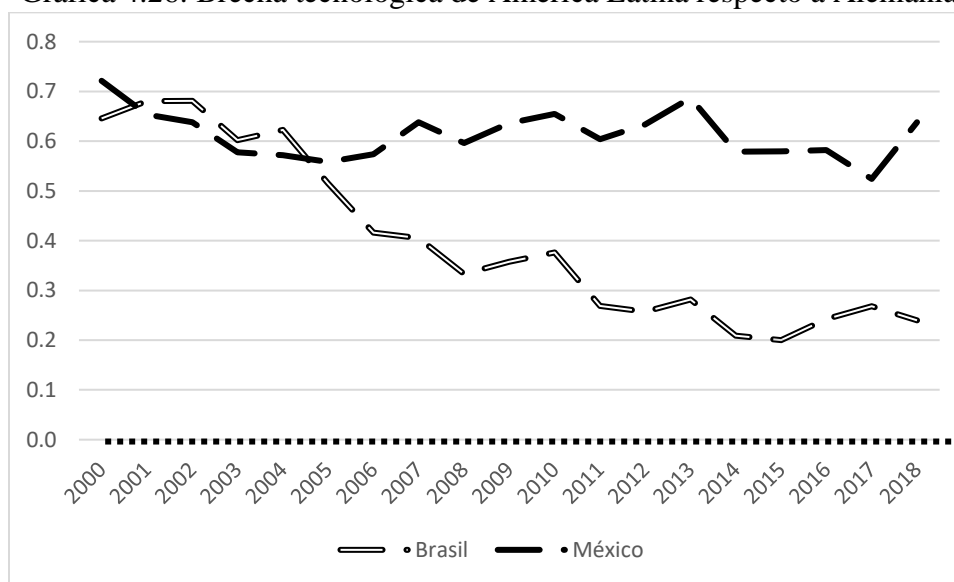
4.3.1 Brecha tecnológica

El análisis previo permite definir la base de evidencias para estimar la brecha tecnológica que existe entre los países desarrollados y de América Latina para la pregunta de investigación ¿Cuál es la brecha tecnológica entre los países desarrollados y de América Latina? Las brechas tecnológicas entre los países analizados se describen por la diferencia entre el nivel de capacidades tecnológicas que poseen las naciones, además afectan directamente a los niveles de riqueza y productividad de nuevo conocimiento tecnológico entre los países. En las gráficas 4.26 y 4.27 se vislumbra la brecha de los países de América Latina respecto a Alemania y Corea del sur, respectivamente. En ambas gráficas se visualiza una línea de referencia constante en el origen que representa las capacidades tecnológicas del país respecto al que se calcula la brecha tecnológica. La interpretación de estas gráficas posee una relación inversa con las gráficas de capacidades tecnológicas nacionales, las líneas más alejadas del origen representarán altos valores en la brecha tecnológica. Por lo tanto, entre más cercana se encuentre la función de la brecha tecnológica a la línea de referencia ubicada en el valor cero, menor será la diferencia de capacidades tecnológicas entre los países. En caso contrario, entre más alejada se encuentre la función de la brecha tecnológica de la línea de referencia en el valor cero, mayor será la diferencia de capacidades, denotando una gran brecha tecnológica.

La brecha tecnológica de Brasil respecto a Alemania logra una reducción de la brecha, comienza con una distancia entre sus capacidades tecnológicas del .646. En el 2018 logró reducir esta brecha en un 62.5%, a través de sus esfuerzos en inversión en educación, el aumento en su matrícula universitaria, su desarrollo de infraestructura tecnológica y su alta producción científica que aumenta su acervo de conocimiento.

En el caso de México se observa una reducción de su brecha tecnológica respecto a Alemania, en el año de 2018 la brecha tecnológica fue un 11.5% menor respecto a la del año 2000. Sin embargo, esto no se debe a un aumento extraordinario de sus capacidades tecnológicas sino porque las capacidades tecnológicas nacionales de Alemania, en este conjunto de países, se han reducido relativamente más que las de México. Además, México posee una matrícula universitaria elevada que le permite disponer de mayor capital humano calificado, así como un desarrollo comparable con los otros países en su infraestructura tecnológica.

Gráfica 4.26: Brecha tecnológica de América Latina respecto a Alemania

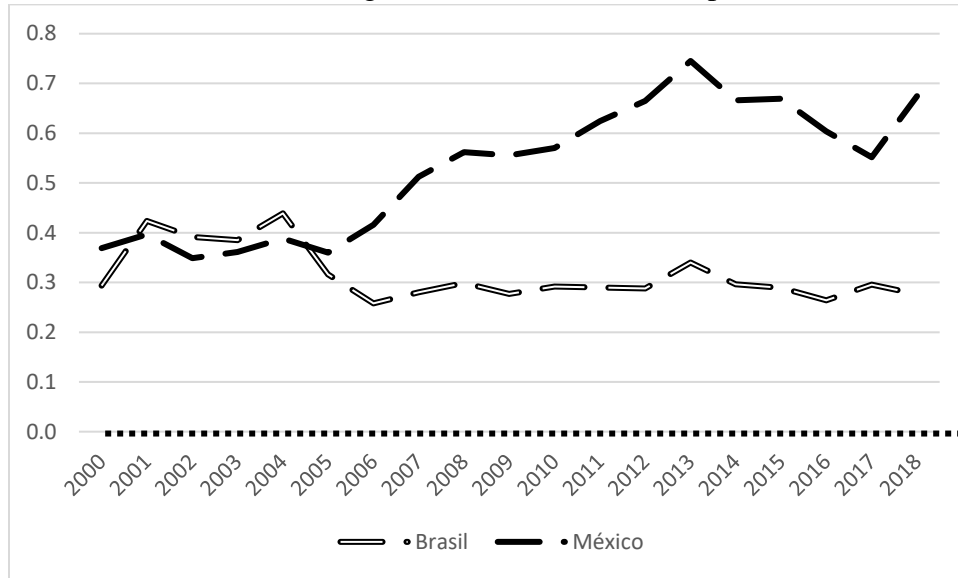


Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022.

Los resultados en los avances de la reducción de la brecha tecnológica entre los países de América Latina respecto a Alemania coinciden con el análisis de capacidades tecnológicas de Castellacci (2011), donde los países en desarrollo poseen un crecimiento más acelerado de sus capacidades respecto a los países desarrollados. Los avances en la reducción de la brecha tecnológica se deben a la evidencia empírica compatible con la que presentan López (2008), Guzmán (2017) y Gutti (2019) que enfatizan el progreso en la construcción de su infraestructura tecnológica, y un aumento acelerado en su formación de capital humano calificado representado por los altos niveles de matriculación universitaria, resultado de sus esfuerzos de inversión destinados a la educación. Pero, hay que destacar que en el periodo analizado no se reflejan las capacidades tecnológicas nacionales de América Latina en la

producción de nuevo conocimiento tecnológico, solo se ven reflejadas parcialmente en su producción de conocimiento científico.

Gráfica 4.27: Brecha tecnológica de América Latina respecto a Corea del Sur



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022.

En la brecha tecnológica respecto a Corea del Sur, Brasil también logró una ligera reducción de la distancia con Corea del Sur del 5.7% en el año 2018 respecto a la del 2000. La razón de que la reducción de la brecha fuera menor con Brasil, y que con México se incrementará la brecha, se debe a que Corea del Sur continúa aumentando sus capacidades tecnológicas nacionales, a través de una gran cantidad de capital humano calificado dedicado a las actividades de I+D, una infraestructura tecnológica sobresaliente, un continuo aumento de esfuerzos en la inversión de I+D y un aumento en su producción de conocimiento tecnológico codificado en patentes. Sin embargo, México no ha logrado reducir su brecha tecnológica respecto a Corea del Sur, incluso se ha incrementado. En el 2013 es el año con mayor magnitud de la brecha en la que llega a ser el doble de lo que era en el 2000, y finaliza el periodo con una brecha tecnológica que es un 82% mayor.

Los avances de Corea son excepcionales en la construcción de capacidades tecnológicas nacionales, se ha establecido en una senda de crecimiento acelerado a la que no han logrado incorporarse los países de América Latina (Quintana et al., 2013). Freeman (1989) exponía que Corea del Sur y Brasil, en los años ochenta, estaban realizando esfuerzos similares en la

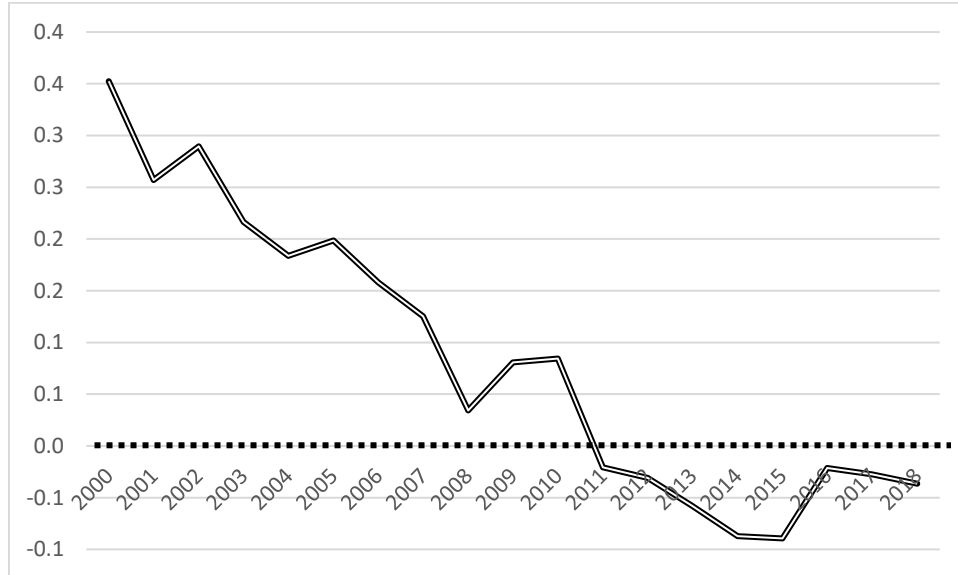
conformación de capacidades tecnológicas enfatizando su desarrollo en el sistema educativo, y una importante inversión en la mejora de la infraestructura de telecomunicaciones e infraestructuras científicas y tecnológicas. Sin embargo, en el periodo estudiado, los resultados del análisis de brechas entre Corea del Sur y Brasil expresan una gran diferencia de sus capacidades tecnológicas, además los esfuerzos que ha realizado Brasil aún no se reflejan en su producción de conocimiento tecnológico, ni en sus niveles del PIB. Mencionaba Freeman (1989) que los determinantes de estos dos países en el éxito de sus procesos *catch up* dependerá en parte de las estrategias tecnológicas e industriales específicas que promuevan. Por lo tanto, es claro que Corea del Sur a comparación de Brasil, dirigió esfuerzos estratégicamente al campo tecnológico de la eléctrica y electrónica, como se identificó en el análisis anterior de campos tecnológicos, cuestión que le ha permitido establecerse como uno de los principales productores y exportadores a nivel internacional en la industria de la electrónica, una de la industria más progresista tecnológicamente (Fagerberg & Godinho, 2004). Actualmente, Corea ha logrado mantenerse en esta especialización en tecnologías dinámicas como los semiconductores y telecomunicaciones, donde el patrón de acumulación tecnológica en los campos modernos se ha convertido en capacidades y liderazgo a nivel internacional (Urraca-Ruiz, 2019).

Los hallazgos mencionados permiten inferir la existencia de brechas tecnológicas dentro de los conjuntos de países desarrollados, y entre los países de América Latina. La gráfica 4.28 representa la brecha de Corea del Sur respecto a Alemania. Los valores positivos en la gráfica representan la existencia de un mayor nivel de capacidades tecnológicas de Alemania respecto a Corea del Sur, mientras que los valores negativos representan un mayor nivel de capacidades tecnológicas de Corea del Sur respecto a Alemania.

La brecha tecnológica de Alemania respecto a Corea del Sur presenta un claro decrecimiento, ocasionando que a partir del 2011 Corea del Sur sea el país desarrollado con mayor nivel de capacidades tecnológicas nacionales. La evolución de las capacidades tecnológicas de Corea del Sur ha logrado sobresalir de una situación de atraso, a una de potencia económica (Michel & Barragán, 2014). A través de la disponibilidad de capital humano altamente calificado para realizar actividades innovativas, dirigidos principalmente a los sectores estratégicos de la industria electrónica, automotriz y naval, siendo los que más contribuyen a la generación de

riqueza en la economía de Corea del Sur (Michel & Barragán, 2014). La incorporación a los sectores estratégicos se refleja en la especialización tecnológica de su producción de conocimiento tecnológico dirigido a los campos de la eléctrica y la electrónica, y el campo del cómputo y comunicaciones.

Gráfica 4.28: Brecha tecnológica de Corea del Sur respecto a Alemania



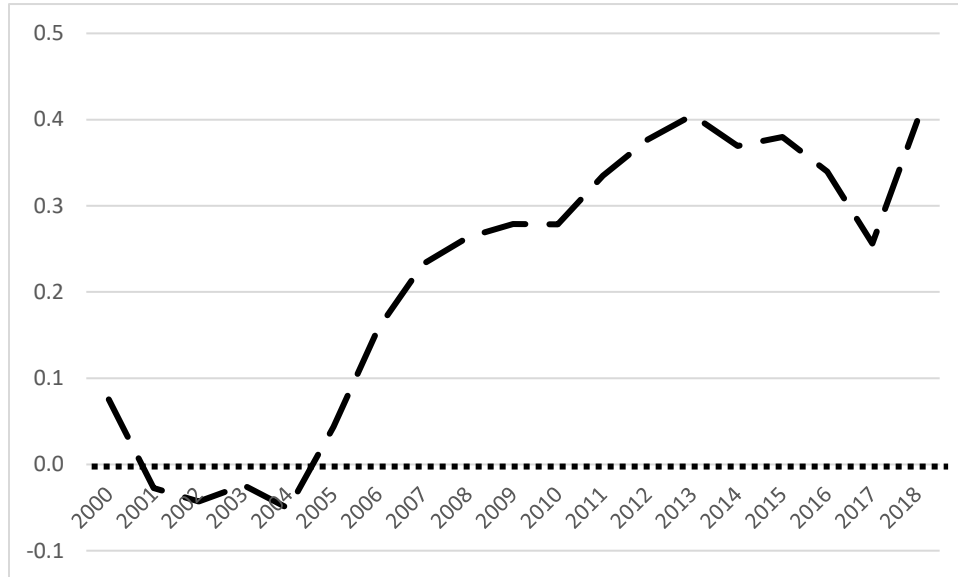
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022.

La mayor producción de conocimiento tecnológico en sectores modernos de Corea del Sur respecto a Alemania sugiere que hay una correlación directa con su nivel de PIB que en el periodo analizado posee las tasas de crecimiento más altas, lo que le ha permitido escalar hacia una mejor posición en los índices globales de innovación y competitividad. Además, su estrategia tecnológica de exploración de nuevos campos tecnológicamente progresivos es el país que más dirige su producción a campos emergentes con 2,767 patentes. Lo anterior le ha permitido ampliar su frontera tecnológica, lo que está asociado a altas tasas de crecimiento en la generación de capacidades tecnológicas superiores a la de Alemania.

La brecha tecnológica entre los países de América Latina está representada en la gráfica 4.29 en la que se describe la brecha de México respecto a Brasil. Los valores negativos en la gráfica describen el periodo en el que las capacidades tecnológicas de México eran superiores a las de Brasil, mientras que los valores positivos representan el periodo en el que Brasil posee el mayor nivel de capacidades tecnológicas. Las capacidades tecnológicas de México

solo lograron ser superiores al inicio del periodo hasta el año del 2004, en el que es superado por Brasil, y cierra el periodo con un incremento significativo de la brecha tecnológica.

Gráfica 4.29: Brecha tecnológica de México respecto a Brasil



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022.

El comportamiento de la brecha tecnológica entre los países de América Latina coincide con la investigación de Moya (2014) en la que identifica que la globalización ha aumentado la brecha tecnológica entre los países latinoamericanos, donde destaca la posición de Brasil y México como líderes tecnológicos. Sin embargo, es clara la brecha entre estos países con los países desarrollados, presentan un rezago en los esfuerzos de especialización en actividades de I+D, con bajo personal calificado incorporado en estas actividades, pero con un dominio en sectores intensivos de sectores naturales, representado por su especialización tecnológica en la producción de conocimiento en el campo de la química. Los sectores intensivos en los recursos naturales representan más del 60% del valor agregado manufacturero en los países de América Latina (Moya, 2014).

A partir de los resultados obtenidos en el análisis de brechas tecnológicas en términos de la taxonomía Archibugui & Coco (2004) es posible identificar que Alemania y Corea del Sur pertenecen al grupo de países líderes con capacidades tecnológicas sobresalientes, principalmente en el caso de Corea, centradas en la producción de conocimiento en tecnologías modernas. Los países de América Latina pertenecen al grupo de países líderes potenciales, poseen capacidades que se centran en la creación y desarrollo de infraestructura

tecnológica y capital humano calificado, pero con una producción científica y tecnológica (Archibugui & Coco, 2004). Una de las principales debilidades en las capacidades tecnológicas de América Latina es la baja disponibilidad de recursos humanos calificados para la innovación, es necesario incrementar la calidad y la cantidad de recursos humanos para la innovación, existe una baja incorporación del capital humano calificado al mercado laboral de las actividades de I+D (Moya, 2014).

Los países de América Latina son los países de menor PIB, pero el aumento en las capacidades de Brasil coincide con sus altas tasas de crecimiento en el producto, esperanza de vida y en la reducción de la distribución desigual de la riqueza. Sin embargo, los hallazgos del aumento de las capacidades de Brasil no son compatibles con el índice global de innovación y de competitividad, manteniéndose con niveles bajos que decrecen, lo que indica que estas capacidades no las han logrado dirigir efectivamente a los sectores tecnológicamente progresivos, presentando una mayor presencia de su producción de conocimiento en el sector tecnológico tradicional. La explicación radica en que el gasto en innovación de Brasil se enfoca principalmente a la adquisición de conocimiento externo, maquinaria y equipos, sin concentrarse en actividades de investigación y desarrollo internas, lo que sugiere escasas capacidades tecnológicas internas que fomenten la innovación (Lemos et al., 2018).

En síntesis, se presentan los principales hallazgos identificados en este capítulo. En el apartado de nuevo conocimiento por campo tecnológico, la evidencia empírica sugiere que los países analizados poseen una evolución positiva de su producción de nuevo conocimiento técnico hacia el sector tecnológicamente moderno. Los países desarrollados mostraron una tendencia hacia los campos de la Eléctrica y electrónica, y de Cómputo y Comunicaciones. Mientras que los países de América Latina muestran un incremento en su participación de los campos de la Química, Mecánica y Medicina y Farmacia. Existe un incremento en la participación de agentes extranjeros en la producción de conocimiento tecnológico perteneciente al sector tecnológicamente moderno en los países de América Latina. En los últimos años, en Brasil la producción de conocimiento en el sector moderno depende en al menos un tercio de la participación de las capacidades nacionales extranjeras. En México las empresas e instituciones extranjeras han tenido un impacto menor en la producción de

conocimiento tecnológico lo que podría explicar sus resultados más bajos en esta variable respecto a Brasil.

En el análisis de la evolución de capacidades tecnológicas nacionales se identifica que existe un aumento generalizado de las capacidades del conjunto de países analizado, donde las naciones seguidoras poseen un desarrollo más acelerado respecto a Alemania que comienza el periodo como la nación líder. En la dimensión de capital humano calificado se aprecia que los países de América Latina son los que obtienen menores niveles, su capital humano calificado es insuficiente con problemas de desarticulación que impiden su incorporación al mercado laboral, cuestión que se destacó como una debilidad en el índice global de competitividad para Brasil y México. En los cuatro países en su infraestructura tecnológica e incluso una cobertura total de los países desarrollados en los indicadores analizados. En los esfuerzos para construir capacidades tecnológicas nacionales, los países desarrollados son dominantes en los esfuerzos dedicados a las actividades de I+D, invierten un porcentaje de su PIB tres veces mayor que los países de América Latina, sin embargo, estos países en desarrollo han logrado realizar esfuerzos comparables en educación para generar un mayor nivel de capital humano calificado. En cuanto al análisis de intensidad de innovación se observa que los países desarrollados poseen una mayor producción de conocimiento científico y tecnológico, por lo que disponen de un mayor nivel de acervo de conocimiento, fundamental para crecer y desarrollarse en el modelo actual de las economías del conocimiento. También se identificó que los países de América Latina poseen una producción de nuevo conocimiento tecnológico muy baja, 100 veces menor a las de los países desarrollados, por lo tanto, su acervo se constituye principalmente por conocimiento científico.

Finalmente, el análisis de brechas identifica que los países de América Latina muestran dos tendencias distintas respecto a la evolución de las brechas tecnológicas con los países desarrollados. Han logrado reducir la brecha tecnológica respecto a Alemania a través del continuo progreso en la construcción de su infraestructura tecnológica y un aumento acelerado en su formación de capital humano calificado. Mientras que respecto a Corea del Sur existe una divergencia en el comportamiento de la brecha, la gran diferencia radica en la capacidad de Corea del Sur de dirigir esfuerzos para la producción de nuevo conocimiento

tecnológico a campos modernos y emergentes, que ha logrado incorporar satisfactoriamente a sus sectores industriales, generando un mayor crecimiento y desarrollo en el contexto de economías del conocimiento, logrando convertirse en el nuevo líder tecnológico. Además, se identifica la existencia y ampliación de la brecha tecnológica entre los países de América Latina, países limitados en sus capacidades tecnológicas debido a que no han logrado especializarse en actividades de I+D, por los bajos niveles de capital humano calificado que incorporan a las actividades de innovación.

Capítulo 5: Conclusiones

El objetivo de esta investigación se dirigió a analizar la evolución de la brecha tecnológica entre Alemania, Corea del Sur, México y Brasil. El análisis se realiza en el contexto de la economía del conocimiento donde la producción de conocimiento incorporado en forma de innovación es determinante en el crecimiento económico y el desarrollo de bienestar de las naciones (Thurow, 1999; Dominique, 2002; David & Foray, 2003; Granstrand, 2005; Aboites y Soria, 2008). Estableciendo como elementos centrales para el análisis de capacidades tecnológicas nacionales y su producción de conocimiento tecnológico.

A través de los principales hallazgos del análisis de la evidencia empírica se responde a la pregunta guía de la investigación²⁷:

- i. Los países analizados presentan una evolución positiva de su producción de nuevo conocimiento técnico hacia el sector tecnológicamente moderno. Los países desarrollados mostraron una tendencia hacia los campos de la Eléctrica y electrónica, y de Cómputo y Comunicaciones. Mientras que los países de América Latina muestran un incremento en su participación de los campos de la Química, Mecánica y Medicina y Farmacia.
- ii. En el análisis de la evolución de capacidades tecnológicas nacionales se identifica que existe un aumento generalizado de las capacidades del conjunto de países analizado, donde las naciones seguidoras poseen un desarrollo más acelerado respecto a Alemania que comienza el periodo como la nación líder.
- iii. Los países de América Latina muestran dos tendencias distintas respecto a la evolución de las brechas tecnológicas con los países desarrollados. Han logrado reducir la brecha tecnológica respecto a Alemania a través del continuo progreso en la construcción de su infraestructura tecnológica y un aumento acelerado en su formación de capital humano calificado. Mientras que respecto a Corea del Sur existe una divergencia en el comportamiento de la brecha, la gran diferencia radica en la

²⁷ Pregunta guía de investigación: ¿Cómo ha evolucionado la composición por campo tecnológico y cuál es la magnitud de la brecha tecnológica de Brasil y México respecto a la capacidad tecnológica de Alemania y Corea del Sur, entre 2000 y 2018?

capacidad de Corea del Sur de dirigir esfuerzos para la producción de nuevo conocimiento tecnológico a campos modernos y emergentes, que ha logrado incorporar satisfactoriamente a sus sectores industriales, generando un mayor crecimiento y desarrollo en el contexto de economías del conocimiento, logrando convertirse en el nuevo líder tecnológico.

Contextualmente, existen diferencias significativas de crecimiento y desarrollo entre las naciones de América Latina y los países desarrollados. Los países de América Latina poseen problemas de desigualdad y menos de la mitad de los recursos disponibles en comparación con los países desarrollados, así que disponen de menor cantidad de bienes y servicios para destinarse a la construcción de sus capacidades tecnológicas nacionales, así como para invertir en la generación de capital humano calificado y en actividades de investigación y desarrollo. Además, en el contexto de economías del conocimiento, presentan problemas de debilidad en el contexto institucional, un entorno poco favorable de innovación que permitan a sus empresas producir nuevo conocimiento tecnológico, acompañado de una baja creación de capital humano calificado con dificultades para incorporarlo al mercado laboral, evitando su participación en la producción de nuevo conocimiento tecnológico.

Los argumentos planteados por Marsili (2002), Park & Lee (2006), Castellacci (2007) y Revilla & Fernández (2012) acerca de una mayor oportunidad tecnológica en los sectores tecnológicamente modernos para generar una producción de conocimiento acelerada se verifica en los países analizados. Los cuatro países poseen una evolución positiva de su producción de nuevo conocimiento técnico hacia el sector tecnológicamente moderno. Las propiedades del conocimiento en este sector son causa de la tendencia positiva debido a que poseen una mayor oportunidad tecnológica y representan a los sectores industriales con mayor valor agregado (Marsili, 2002; Park & Lee, 2006; Castellacci, 2007; Revilla & Fernández; 2012).

El crecimiento en el sector tecnológicamente moderno ha causado que se modifiquen sus estructuras de especialización tecnológica. Finalizando el periodo con un predominio de los campos del Cómputo y Comunicaciones, así como de la Eléctrica y Electrónica en los países desarrollado, reflejando una especialización en los subcampos en los que poseen mayor crecimiento las naciones desarrolladas son en los de las comunicaciones, hardware y

software, semiconductores y sistemas de energía. En América Latina los campos más relevantes fueron los de Química y Mecánica, con una notable participación en el campo de Medicina y Farmacia, donde el subcampo moderno con mayor crecimiento es el subcampo de medicamentos con una notable presencia de universidades y centros públicos de investigación, con una participación en México del 36.84% y en Brasil del 67.74% de su producción de conocimiento dirigida al subcampo de medicamentos.

El argumento de Maradana et al. (2017) acerca de la existencia de derramas de conocimiento tecnológico mediante patentes extranjeras se verifica en la evidencia empírica de la investigación. Los países de América Latina para producir conocimiento en el sector tecnológicamente moderno han requerido incorporar las capacidades tecnológicas de las empresas, y universidades extranjeras. En México las empresas extranjeras han tenido poco impacto en la producción de nuevo conocimiento tecnológico, pero en Brasil han sido importantes con una participación del 33.72% en las patentes referentes al sector moderno.

Las empresas de las naciones requieren de una cantidad mínima suficiente de capacidades para producir conocimiento en campos tecnológicos emergentes (Park & Lee, 2006). Los resultados obtenidos sugieren que las capacidades tecnológicas de los países desarrollados les permiten incursionar en las clases tecnológicas emergentes, con un total de 2,767 patentes en Corea del Sur y 2,095 patentes en Alemania en el periodo analizado, con una gran participación en el procesamiento de datos, nanotecnología, comunicaciones ópticas y robots. Mientras que los países de América Latina poseen capacidades tecnológicas bajas para explorar nuevos campos tecnológicos, y es hasta el año 2005 comienzan a hacerlo con una baja participación en la nanotecnología con un total de ocho patentes en México y cuatro patentes en Brasil en el periodo analizado.

Las brechas tecnológicas son representadas por las diferencias de capacidades tecnológicas nacionales (Geronikolaou & Mourmouris, 2015; Sharma et al., 2021). El argumento de Castellacci (2011) acerca de la existencia de un aumento generalizado del nivel de capacidades tecnológicas a nivel internacional, expresando una reducción de la brecha tecnológica respecto a las naciones líderes, se verifica a través de la evidencia empírica. Se presenta la existencia de un aumento generalizado de las capacidades tecnológicas nacionales

del conjunto de países analizados, donde las naciones seguidoras han tenido un desarrollo más acelerado de sus capacidades tecnológicas nacionales respecto a Alemania.

El aumento de las capacidades tecnológicas de los países desarrollados ha dependido de sus esfuerzos en inversión en Investigación y Desarrollo (I+D), sus altos niveles de infraestructura tecnológica y capital humano calificado dedicado a actividades de I+D, generando una mayor actividad de innovación incrementando la producción de conocimiento científico y tecnológico. Mientras que el aumento de las capacidades tecnológicas de los países de América Latina es provocado por un aumento en la cantidad de personas altamente calificadas, a través del crecimiento en la matrícula en educación superior, esfuerzos en el gasto de educación y creación de infraestructura tecnológica. Sin embargo, los países de América Latina continúan con un bajo número de investigadores, pocos esfuerzos en gasto para incentivar actividades de I+D y ausencia de mecanismos que vinculen a la producción de conocimiento hacia las necesidades de la población (Hernández et al., 2017). Además, México y Brasil poseen bajos niveles en la producción de conocimiento científico y tecnológico, relacionado con el argumento de Vessuri (2007) en el que identifica que el capital humano calificado no logra incorporarse a las actividades de I+D, ocasionando que se desarrollen principalmente en universidades e institutos públicos de investigación y solo una minoría empresas.

La brecha tecnológica entre los países desarrollados y de América Latina presenta dos comportamientos distintos. La brecha tecnológica respecto Alemania presenta una reducción, causada por el progreso de los países de América Latina en la construcción de infraestructura tecnológica, y un aumento acelerado en su formación de capital humano calificado representado por los altos niveles de matriculación universitaria. Sin embargo, en el periodo analizado no se reflejan las capacidades tecnológicas nacionales de América Latina en la producción de nuevo conocimiento tecnológico o en su crecimiento económico.

La brecha respecto a Corea del Sur presenta una ampliación, por los avances más acelerados en el desarrollo de las capacidades tecnológicas de Corea y su especialización tecnológica en el campo de la eléctrica y electrónica le ha permitido lograr satisfactoriamente un proceso de *catch up* para cambiar de una situación de atraso, a una de potencia económica (Michel & Barragán, 2014; Hobday, 2020). Corea del Sur, logró el mejoramiento en el nivel de

capacidades tecnológicas nacionales esencialmente por su alta disponibilidad de capital humano altamente calificado para realizar actividades innovativas, dirigidos principalmente a los sectores estratégicos, como se describió en su alta especialización en la producción de conocimiento del sector tecnológicamente moderno.

Finalmente, se identificó la existencia de una divergencia en las capacidades tecnológicas de los países de América Latina, que coincide con la investigación de Moya (2014) en la que argumenta un aumento en la brecha tecnológica entre los países latinoamericanos. Ambos países presentan un rezago en los esfuerzos de especialización en actividades de I+D, una de las principales debilidades es la baja disponibilidad de recursos humanos calificados para la innovación, es necesario incrementar la calidad y la cantidad de recursos humanos para la innovación, existe una baja incorporación del capital humano calificado al mercado laboral de las actividades de I+D (Moya, 2014). Estos países poseen el menor nivel de crecimiento y desarrollo, debido a sus bajas capacidades y una especialización tecnológica que se dirige a sectores productivos de bajo valor agregado como se visualizó en su especialización de producción de conocimiento en el sector tecnológicamente tradicional.

A través de la investigación se han identificado las siguientes limitaciones:

- i. El papel del Estado y los empresarios, así como su interacción no es incorporado al análisis de construcción de capacidades tecnológicas nacionales. El enfoque no contempla las políticas de CTI diseñadas e implementadas por el Estado, ni la incorporación de la nueva tecnología (generada o importada) al proceso productivo de las empresas.
- ii. En el estudio se analiza la producción de nuevo conocimiento tecnológico de forma endógena por los países analizados, pero no se integra la transferencia tecnológica a través de empresas transnacionales y las relaciones comerciales de exportación e importación de conocimiento tecnológico entre países.
- iii. Existe una pérdida de información en los datos de patentes como se mencionó a lo largo del trabajo, lo que restringe el análisis de campos tecnológicos hasta el año del 2015.
- iv. Se realiza el análisis de brechas tecnológicas desde la perspectiva de diferencias de capacidades tecnológicas, sin embargo, no se realizaron análisis econométricos que

permitieran observar la relevancia de cada indicador que conforma el índice de capacidades tecnológicas nacionales, así como el impacto y significancia que estas capacidades tienen sobre la producción de nuevo conocimiento tecnológico.

- v. Finalmente, el tamaño de la muestra es reducido, se desarrolla un análisis comparativo para solo cuatro países, esto condiciona los resultados del índice de capacidades tecnológicas a una muestra pequeña de países desarrollados y de América Latina, lo que no permite vislumbrar las tendencias tecnológicas de todos los países que conforman estos grupos.

A pesar de la serie de limitaciones mencionadas, el estudio logró cumplir cabalmente los objetivos planteados. Las aportaciones relevantes de esta investigación son esencialmente cuatro:

- vi. A partir de los estudios de Aboites & Soria (2008), Archibugui & Coco (2004), Lugones (2007), Castellacci (2011) y Sharma (2021) se propone un Índice de capacidades tecnológicas nacionales.
- vii. Se identifica el problema de pérdida de información en las clasificaciones Current Class Classification (CCL) en las patentes concedidas de USPTO a partir del año 2015.
- viii. A través de la metodología de Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) se identifican los sectores, campos y subcampos tecnológicos en los que se especializan las patentes de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México del 2000 al 2014. Además, se percibió una desactualización de esta metodología, ya que no contempla las clases tecnológicas emergentes.
- ix. El estudio presenta un análisis de brechas tecnológicas que presenta la evolución de las capacidades tecnológicas nacionales de Alemania, Corea del Sur, Brasil y México del 2000 al 2018, evidenciando como uno de los mayores problemas de los países de América Latina la dificultad de incorporar personas altamente calificadas a la producción de conocimiento tecnológico.

El estudio realizado contempla un tema muy amplio y arduo de llevar a cabo, se reconoce una serie de limitantes que pueden ser parte de un programa de investigación futuro ya sea para una tesis doctoral, un libro significativo y/o artículos de investigación en revistas

especializadas. En futuros estudios será relevante integrar al análisis el contexto institucional de las políticas de CTI específicas de los países y las relaciones comerciales de transferencia de conocimiento tecnológico entre países, así como el papel de las empresas multinacionales en esta transferencia. Al igual será necesario resolver la cuestión de pérdida de información de clasificaciones tecnológicas, para actualizar el análisis de campos tecnológicos. Además, es pertinente continuar investigando en esta línea de brechas tecnológicas, realizando una comparación más amplia, incorporando más países y actualizando el periodo de tiempo. Otro aporte significativo al estudio sería el incorporar un análisis que permita vislumbrar las brechas existentes además de las tecnológicas, entre los países desarrollados y de América Latina.

Es posible incorporar la herramienta metodológica de la econometría para transitar hacia un modelo causal explicativo para verificar la significancia e impacto de los indicadores analizados en las capacidades tecnológicas nacionales, así como para identificar la relación que existe entre las capacidades tecnológicas nacionales, la producción de conocimiento científico y tecnológico, el crecimiento económico y el desarrollo social. Finalmente, será relevante realizar investigaciones que permitan analizar las brechas tecnológicas entre regiones, que permita esclarecer las diferencias tecnológicas entre los países de América Latina, o incluso las brechas tecnológicas que existen entre las regiones que conforman a un país.

5.1 Recomendaciones de Política

Reducir la brecha tecnológica respecto a los países desarrollados, requiere de muchos recursos, como personas altamente calificadas, instalaciones e infraestructura tecnológica, así como gasto en actividades destinadas a la ciencia, tecnología e innovación (Unger, 2018). En la actualidad existe un contexto de bajo crecimiento económico y alta inflación, donde existen las demandas de bienestar, inversión y sostenibilidad. Los países de América Latina no disponen de los recursos necesarios, así que una posible alternativa sería establecer una agenda de prioridad selectiva, acorde al contexto institucional de cada país, en el que se prioricen sectores industriales vinculados a campos de alta oportunidad y cambio tecnológico

que favorezcan al aprendizaje colectivo (Unger, 2018). En esta realidad se necesita diseño de una política fiscal en que se fortalezca y mejore la progresividad de la estructura tributaria, para disponer del gasto suficiente y orientarlo de forma estratégica para impulsar la ciencia, tecnología e innovación (CEPAL, 2022).

La política de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) es importante para estimular e impulsar la generación de conocimiento, su utilización y los procesos de difusión del conocimiento en una combinación óptima para aumentar la competitividad económica y el bienestar social (Eval-Inno, 2012). Para diseñar una política pública es necesario identificar el conjunto de problemas a resolver y los determinantes del contexto de ese problema, es decir, los formuladores de políticas, los participantes en el programa, investigadores, la industria y los consumidores (European Commission, 2002).

Como se apreció en el análisis de capacidades tecnológicas nacionales, los países de América Latina poseen un progreso limitado a comparación de los países desarrollados, lo cual se agrava al considerar la persistencia de problemas estructurales como la pobreza, desigualdad y exclusión social (Dutrénit & Puchet, 2017). Los objetivos de la política de innovación en los países latinoamericanos se dirigen principalmente a apoyar la inversión en investigación e innovación, mejorar las competencias de innovación de las empresas y fortalecer los vínculos dentro de los sistemas de innovación entre la teoría (investigadores), la práctica (organizaciones productivas) y la política (formuladores de política) de la innovación (Kuhlmann et al., 2010; Dutrénit & Puchet, 2017).

Los países latinoamericanos poseen modelos económicos basados en recursos naturales y actividades de bajo valor agregado, lo que ha causado rezago tecnológico con los países desarrollados, necesitan generar nuevas fuentes de crecimiento basadas en la producción de conocimiento tecnológico con potencial de innovación (Zuniga et al., 2016). Además, existen problemas de desaceleración en las actividades de innovación, intensidad en gasto en investigación y desarrollo y tasas de adopción de tecnología. Por lo tanto, las oportunidades para la innovación son débiles a pesar de poseer un mercado grande, mayor capital humano calificado e infraestructura tecnológica (OCDE, 2022). Por lo tanto, es importante desarrollar en los países de América Latina desarrollar una propuesta estratégica de políticas de CTI que considere a los actores de la práctica, teoría y política de la innovación, las condiciones

particulares de sus factores sociales y contexto institucional, así como el nivel de sus capacidades tecnológicas nacionales, para enfocar sus esfuerzos en el crecimiento económico y desarrollo social al largo plazo. (Rosiello et al., 2010).

A partir de las ideas de OCDE (2008), Zuniga et al. (2016) y Pacheco (2019) se desarrollan las siguientes recomendaciones para mejorar el nivel de capacidades tecnológicas nacionales e incentivar la producción de conocimiento científico y tecnológico en los países de América Latina:

- i. Desarrollar políticas para mercados más fuertes en los que se incentive el desarrollo empresarial, de innovación y comercio internacional para aumentar las oportunidades de aprendizaje tecnológico.
- ii. Facilitar el aprendizaje tecnológico del exterior y alinearlos a las capacidades de absorción para alinearlos para lograr transferencia tecnológica.
- iii. Fortalecer la política de innovación empresarial y pública respecto a la difusión y absorción de tecnología.
- iv. Procurar un *policy mix*²⁸ entre las políticas de ciencia, tecnología e innovación con políticas industriales y de educación.
- v. Fortalecer el seguimiento y evaluación de las políticas, con la intención de crear una mejora continua en el diseño e implementación de la política de CTI.
- vi. Desarrollar un plan a largo plazo para el desarrollo de infraestructura tecnológica.
- vii. Mejorar la eficacia del sistema de derechos de propiedad intelectual para incentivar la producción de nuevo conocimiento tecnológico y fortalecer su misión de difusión de conocimiento, mediante un fácil acceso a sus servicios y patentes.
- viii. Destinar el gasto público hacia la investigación básica y aplicada, en áreas científicas y tecnológicas que los países determinen como prioritarias, según su contexto particular, para lograr el mayor impacto en el crecimiento económico y desarrollo social.

Como se apreció en el análisis de producción de conocimiento, los países de América latina poseen mayores niveles de producción científica que tecnológica por lo que es importante:

²⁸ Se refiere a un enfoque de interdependencias, equilibrio e interacciones que existen entre diferentes políticas y que afectan la medida en que se logran los resultados de la política (Flanagan et al., 2011).

- ix. Reforzar la producción de conocimiento científico y fomentar su contribución a la innovación
- x. Mejorar las capacidades tecnológicas destinadas a la producción de conocimiento tecnológico, es decir, aumentar los niveles de personas altamente calificadas y de infraestructura tecnológica.

Finalmente, como se detectó en el estudio como uno de los problemas principales en los países de América Latina la escasez de personas altamente calificadas incorporadas a actividades de producción de conocimiento, por lo que es necesario:

- xi. Fortalecer la producción de conocimiento científico y tecnológico, y vincularlo a las necesidades de su actividad industrial.
- xii. Desarrollar vínculos entre la industria y el conocimiento científico y tecnológico, mediante la movilidad de personas altamente calificadas (entre los sectores academia-empresa), programas de capacitación o a través de alianzas público-privadas en las que desarrollen colaboraciones de I+D.
- xiii. Fomentar el desarrollo, la inserción y la movilidad de las personas altamente calificadas al sector productivo.
- xiv. Facilitar la inserción de posgraduados en centros de investigación vinculados a la industria.

Los países de América Latina se encuentran en una situación de atraso respecto a los países desarrollados, es pertinente que enfoquen sus esfuerzos en identificar y mejorar sus capacidades tecnológicas nacionales para cerrar la brecha tecnológica existente, así como priorizar las tecnologías que definan como estratégicas para lograr niveles más altos de crecimiento económico y desarrollo social en el contexto de economías del conocimiento.

Bibliografía:

- Aboites, Jaime. & Soria, Manuel. (2008). “Economía del Conocimiento y Propiedad Intelectual: Lecciones para la economía mexicana”. México, D.F: Siglo XXI Editores–UAM-Xochimilco.
- Abramovitz, M. (1986). Catching up, forging ahead, and falling behind. *The journal of economic history*, 46(2), 385-406.
- Aghion and Peter Howitt (1992) A model of Growth through Creative Destruction, *Econometrica*, Vol.60, No.2. PP. 323.351.
- 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*.
- Ali, M., Egbetokun, A., & Memon, M. H. (2018). Human capital, social capabilities and economic growth. *Economies*, 6(1), 2.
- Archibugi, D., & Coco, A. (2004). A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries (ArCo). *World development*, 32(4), 629-654.
- Ahn, B. S. (2011). Compatible weighting method with rank order centroid: Maximum entropy ordered weighted averaging approach. *European Journal of Operational Research*, 212(3), 552-559.
- Arora, RU & Ratnasiri, S. (2015). Recent growth experiences of Asian tigers: where does India stand? *International Journal of Social Economics*. 42(2): 143-162.
- Banco Mundial. (2022). World Development Indicators [database]. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.
- Barro, R. J. (2001). Human capital and growth. *American economic review*, 91(2), 12-17.
- Becker, M.C. (2003), “The concept of routines twenty years after Nelson and Winter (1982)”, DRUID, Aalborg.
- Casalet, M. (2004). Los desafíos de la economía del conocimiento en el contexto institucional: de la jerarquía a la flexibilidad organizativa. *Revista mexicana de sociología*, 66(3), 565-588.
- Castellacci, F. (2007). Technological regimes and sectoral differences in productivity growth. *Industrial and corporate change*, 16(6), 1105-1145.
- Castellacci, F. (2011). Closing the technology gap?. *Review of Development Economics*, 15(1), 180-197.
- CEPAL, N. (2022). Panorama Fiscal de América Latina y el Caribe 2022: desafíos de la política fiscal para un desarrollo sostenible e inclusivo. Pp: 148.
- Chuang, Y. C. (1998). Learning by doing, the technology gap, and growth. *International economic review*, 697-721.
- Crespo, J., Martín, C., & Velazquez, F. J. (2004). International technology spillovers from trade: the importance of the technological gap. *Investigaciones económicas*, 28(3), 515-533.

Dávalos, R. (2003). Las Empresas Mixtas en el Contexto de un Mundo Globalizados. R. Dávalos, Las Empresas Mixtas en el contexto de un mundo Globalizado.

David, P. A., & Foray, D. (2003). Economic fundamentals of the knowledge society. Policy futures in education, 1(1), 20-49.

De la Luz Juárez, G., Daza, A. S., & González, J. Z. (2015). La crisis financiera internacional de 2008 y algunos de sus efectos económicos sobre México. Contaduría y administración, 60, 128-146.

Di Filippo, A. (1998). La visión centro-periferia hoy. Revista de la CEPAL.

Dominique F. (2002). Fundamentos económicos de la sociedad del conocimiento. En Revista Comercio Exterior, Vol. 52, No. 6. Pp. 472- 490.

Dutrénit, G., & Puchet, M. (2017). Tensions of science, technology and innovation policy in Mexico: analytical models, institutional evolution, national capabilities and governance. In Research handbook on innovation governance for emerging economies. Edward Elgar Publishing.

Eval-Inno. (2012). RTDI Evaluation Standards. EVAL-INNO.

European Commission. (2002). RTD Evaluation Toolbox. Assessing the socio-economic impact of RTD policies, IPTS Technical, Report Series, EUR 20383 EN (292p).

Fagerberg, J., & Godinho, M. M. (2004). Innovation and catching-up. Georgia Institute of Technology.

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. (2006). Programa de investigación sobre economía del conocimiento en América Latina y el Caribe. [Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá].

Flanagan K, E. Uyarra y M.Laranja. (2011). "Reconceptualising the 'policy mix' for innovation" Research Policy. vol 40. pp 702-7013.

Fornahl, D., & Brenner, T. (2009). Geographic concentration of innovative activities in Germany. Structural Change and Economic Dynamics, 20(3), 163-182.

Freeman, C. (1979). The determinants of innovation: Market demand, technology, and the response to social problems. Futures, 11(3), 206-215.

Freeman, C. (1989). New technology and catching up. The European Journal of Development Research, 1(1), 85-99.

Fuenzalida, M., Trebilcock, M. P., Landon, P., & Maturana, F. (2021). Análisis de patrones territoriales de la estructura poblacional por edad a nivel subnacional en Chile. Interciencia, 46(9/10), 376-382.

Gabay, R. E. (2004). El recorrido histórico de la categoría centro-periferia. IV Jornadas de Sociología. Facultad de Ciencias Humanas. Pp: 1-19.

- Gabriel, L. F., Jayme Jr, F. G., & Oreiro, J. L. (2016). A North-South model of economic growth, technological gap, structural change and real exchange rate. *Structural Change and Economic Dynamics*, 38, 83-94.
- Geronikolaou, G., & Mourmouris, I. (2015). On the effect of technological gap on international patenting: a multi-criteria approach. *Journal of Economics, Management and Trade*, 256-261.
- Granstrand, O. (2005). "Innovation and intellectual property rights. In the Oxford handbook of innovation".
- Griliches, Z. (1984). Introduction to "R & D, Patents, and Productivity". In *R&D, Patents, and Productivity* (pp. 1-20). University of Chicago Press.
- Groen, A. J., & Walsh, S. T. (2013). Introduction to the field of emerging technology management. *Creativity and Innovation Management*, 22(1), 1-5.
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). Trade, knowledge spillovers, and growth. *European economic review*, 35(2-3), 517-526.
- Gustafsson, R. (2010). Awareness, institutional entrepreneurship, and contradictions in emerging technological fields.
- Gutti, P., Kababe, Y., & Pizzarulli, F. (2019). La infraestructura científica y tecnológica en el sistema nacional de innovación. En *busca del desarrollo: planificación, financiamiento e infraestructuras en la Argentina*, 72.
- Guzmán, A., Gómez Viquez, H., & López Herrera, F. (2018). Patentes y crecimiento económico, el caso de México durante el TLCAN. *Economía: teoría y práctica*, (SPE4), 177-213.
- Guzmán-Valenzuela, C. (2017). Tendencias globales en Educación Superior y su impacto en América Latina: desafíos pendientes. *Lenguas Modernas*, (50), Pág-15.
- Hall, B. H., Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (2001). The NBER patent citation data file: Lessons, insights and methodological tools.
- Hernández, C. C., Luna, J. M., & García, Y. I. L. (2017). La formación de investigadores en los posgrados. Una reflexión curricular. *Boletín Redipe*, 6(9), 53-72.
- Hobday, M. (2020). Latecomer catch-up strategies in electronics: Samsung of Korea and ACER of Taiwan. In *Korean Businesses*: (pp. 48-83). Routledge.
- Jaumotte, F., Lall, S., & Papageorgiou, C. (2013). Rising income inequality: technology, or trade and financial globalization?. *IMF economic review*, 61(2), 271-309.
- Kaldor N., and Mirrlees, J.A (1961) A new model of economic growth. *Review of Economic Studies*, vol. 29, pp. 174-190.
- Kim. L. (1996). *Imitation to Innovation*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.

Kuhlmann, S., P. Shapira and R. Smits. (2010). "Introduction. A Systemic Perspective: The Innovation Policy Dance", in R. E. Smits, S. Kuhlmann and P. Shapira (eds), *The Theory and Practice of Innovation Policy*, Edward Elgar: Cheltenham, p.1-22.

Kuznetsov, Y. N., & Dahlman, C. J. (2008). *Mexico's transition to a knowledge-based economy: Challenges and opportunities*. World Bank Publications.

Lall, S. (2001). *Competitiveness, technology and skills*. Cheltenham: Edward Elgar

Landes, W. y R. Posner (2003), *The Economic Structure of Intellectual Property Law*, Cambridge, Belknap Press of Harvard University.

Lee, K. (2013). How can Korea be a role model for catch-up development? A 'capability-based' view. *Achieving development success: Strategies and lessons from the developing world*, 25(34), 1-24.

Lemos, M. B., Gonçalves, E., & Negri, J. A. D. (2008). *Condicionantes de la innovación tecnológica en Argentina y Brasil*. Revista de la CEPAL.

López Segrera, F. (2008). Tendencias de la educación superior en el mundo y en América Latina y el Caribe. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)*, 13(2), 267-291.

Lugones, G., Gutti, P., & Le Clech, N. (2007). *Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina*. CEPAL.

Makiela, K., Wojciechowski, L., & Wach, K. (2021). Effectiveness of FDI, technological gap and sectoral level productivity in the Visegrad Group. *Technological and Economic Development of Economy*, 27(1), 149-174.

Malerba, F., & Montobbio, F. (2003). Exploring factors affecting international technological specialization: the role of knowledge flows and the structure of innovative activity. *Journal of evolutionary economics*, 13(4), 411-434.

Malerba, F., & Orsenigo, L. (2000). Knowledge, innovative activities and industrial evolution. *Industrial and corporate change*, 9(2), 289-314.

Maradana, Rana, P.; Pradhan, Rudra P.; Dash, Saurav; Gaurav, Kunal; Jayakumar, Manju y Chatterjee, Debaleena, (2017), "Does innovation promote economic growth? Evidence from European countries", *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol. 6, núm.1, diciembre, pp. 1-26. DOI 10.1186/s13731-016-0061-9.

Marsili, O. (2002). Technological regimes and sources of entrepreneurship. *Small Business Economics*, 19(3), 217-231.

Michel, Á. L., & Barragán, E. H. T. (2014). Competitividad sistémica y pilares de la competitividad de Corea del Sur. *Análisis económico*, 29(72), 155-175.

Montuschi, L. (2001). *La economía basada en el conocimiento: Importancia del conocimiento tácito y del conocimiento codificado*. Documentos de trabajo, 1.

Moya, E (2014). *Desarrollo tecnológico y Brecha tecnológica entre países de América Latina*. *Ánfora*, 21(36), 41-65.

Navarro, J. C. & J. Olivari (eds.) (2016), *La política de innovación en América Latina y el Caribe: nuevos caminos*, Washington, D.C., Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Nelson, R. R. (1971). "World Leadership", the "Technological Gap" and National Science Policy. *Minerva*, 9(3), 386-399.

OCDE. (2009). "Capítulo 2: Las patentes como indicadores de estadísticas de ciencia y tecnología". en *Manual de Estadísticas de Patentes de la OCDE*.

OCDE, S. T. (1996). *The knowledge-based economy. Science, Technology and Industry Outlook*, Paris.

OECD. (2021). "Education at a Glance 2021: OECD Indicators". OECD Publishing. Paris. <https://doi.org/10.1787/b35a14e5-en>.

Organización de Naciones Unidas - ONU (2015). *Report of the World Commission on environment and development*. New York: U.N. Recuperado de <https://digitallibrary.un.org/record/139811>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2021). *Resumen del informe de la UNESCO sobre la ciencia, la carrera contra el reloj para un desarrollo más inteligente*. Recuperado el 06 de junio de 2022 de <http://www.unicef.org/media/87156/file/Evitar-una-generacion-perdida-causa-covid2020.pdf>

Ortiz, L. E. M., Sánchez, L. M. C., Ferrer, N. J. L., & Angulo, R. C. C. (2020). *Desarrollo y crecimiento económico: Análisis teórico desde un enfoque cuantitativo*. *Revista de ciencias sociales*, 26(1), 233-253.

Oslo Manual. (2018). *Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.

Oturakci, M. (2021). *Comprehensive analysis of the global innovation index: statistical and strategic approach*. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1-13.

Panda, S., Sharma, R., & Park, W. G. (2020). *Patent protection, technological efforts, and exports: An empirical investigation*. *The Journal of Developing Areas*, 54(2).

Park, K. H., & Lee, K. (2006). *Linking the technological regime to the technological catch-up: analyzing Korea and Taiwan using the US patent data*. *Industrial and corporate change*, 15(4), 715-753.

Powell, W. W., & Snellman, K. (2004). *The knowledge economy*. *Annu. Rev. Sociol.*, 30, 199-220.

Quintana Romero, L., Andrés Rosales, R., & Mun, N. (2013). *Crecimiento y desarrollo regional de México y Corea del Sur: un análisis comparativo de las leyes de Kaldor*. *Investigación económica*, 72(284), 83-110.

Ranis, G., & Stewart, F. (2002). *Crecimiento económico y desarrollo humano en América Latina*. *Revista de la CEPAL*.

- Revilla, A. J., & Fernández, Z. (2012). The relation between firm size and R&D productivity in different technological regimes. *Technovation*, 32(11), 609-623.
- Robledo, J. C., & Saavedra, J. P. H. (2016). Patentes y crecimiento económico: ¿innovación de residentes o no residentes?. *Desarrollo y Sociedad*. Pp: 243-272.
- Romer, P.M. (1990) Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, vol. 98, pp. 71-102.
- Rosiello, A., Avnimelech, G., & Teubal, M. (2011). Towards a systemic and evolutionary framework for venture capital policy. *Catching up, spillovers and innovation networks in a Schumpeterian perspective*, 195-216.
- Ruiz, A. U. (2013). Especialización tecnológica, captura y formación de competencias bajo integración de mercados: comparación entre Asia y América Latina. *Economía e Sociedade*, 22, 641-673.
- Schaaper, M., & Wyckoff, A. (2006). Movilidad del personal altamente calificado: un panorama internacional. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 3(7), 135-179.
- Schwab, K. (2018). The global competitiveness report 2018. In *World Economic Forum* (Vol. 671).
- Scotchmer, Z. (2004), *Innovation and incentives*, Cambridge, mit Press Books. Secretaría de Salud (2005), *Hacia una política farmacéutica integral para México*, México, Secretaría de Salud.
- Sen, A. (1990). Development as capability expansion. *The community development reader*, 41, 58.
- Sen, A., & Kliksberg, B. (2007). *People First: A Look from the Ethics of Development to the main problems of the Globalized World*. Spain, Ediciones Deusto, 315.
- Sharma, A., Sharma, R., & Panda, S. (2021). The role of technological capabilities and gap in the cross-country patenting: an empirical investigation. *International Economics and Economic Policy*, 1-27.
- Smith, Adam. 1979 [1776]. *Investigación sobre la naturaleza y las causas de la riqueza de las naciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Soete, L., Schneegans, S., Eröcal, D., Angathevar, B., & Rasiyah, R. (2015). *Informe de la UNESCO sobre la ciencia, hacia 2030: Resumen ejecutivo*. París, Francia: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Steinmueller, W. E. (2017). *Las economías basadas en el conocimiento y las tecnologías de la información y comunicación*.
- Taylor, F. (1994). *Scientific Management, Comprising Shop Management, The Principles of Scientific Management, Testimony Before the Special House Committee*. A Harper International Student Reprint.

Thurow, L. C. (1999). *Building Wealth: The New Rules for Individuals, Companies and Nations* Hardcover.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. (2022). UNESCO Institute for Statistics (UIS) [Database]. Recuperado el 20 de abril de 2022 de: <http://data.uis.unesco.org/>.

Unger, K. (2018). Innovación, competitividad y rentabilidad en los sectores de la economía mexicana. *Gestión y política pública*, 27(1), 3-37.

Unger, R. M. (2019). *The knowledge economy*. Verso Books.

Urraca-Ruiz, A. (2019). On the evolution of technological specialization patterns in emerging countries: comparing Asia and Latin America. *Economics of Innovation and New Technology*, 28(1), 100-117.

United States Patent and Trademark Office [USPTO]. (2022). USPTO Patent Full-Text and Image [Database]. Recuperado el 20 de abril de 2022 de: <https://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-adv.htm>.

Vlčková, J., Kaspříková, N., & Vlčková, M. (2018). Technological relatedness, knowledge space and smart specialisation: The case of Germany. *Moravian Geographical Reports*, 26(2), 95-108.

Van Merkerk, R. O., & Robinson, D. K. (2006). Characterizing the emergence of a technological field: Expectations, agendas and networks in Lab-on-a-chip technologies. *Technology Analysis & Strategic Management*, 18(3-4), 411-428.

Vessuri, H. (2007). La formación de investigadores en América Latina. *Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina*, 1-36.

Vincke, J. P., & Brans, P. (1985). A preference ranking organization method. The PROMETHEE method for MCDM. *Management Science*, 31(6), 647-656.

Wang, C. C., Sung, H. Y., & Huang, M. H. (2016). Technological evolution seen from the USPC reclassifications. *Scientometrics*, 107(2), 537-553.

Winter, S. G., & Nelson, R. R. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship.

World Intellectual Property Report [WIPO]. (2022). *World Intellectual Property Report 2022: The Direction of Innovation*. Geneva, Switzerland. Pp:96.

World Intellectual Property Report [WIPO]. (2020). *Datos y cifras de la OMPI sobre PI*. Tomado de: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo_pub_943_2019.pdf.

Anexos

Tabla 5.1: Patentes concedidas en USPTO por campo tecnológico de Alemania 2000-2014

Sectores	Tradicional				Moderno			
Campos	1	5	6	Total	2	3	4	Total
2000	4106	4003	2112	10221	1098	1207	2562	4867
2001	4586	4444	2274	11304	1413	1318	2857	5588
2002	4429	4271	2247	10947	1519	1317	2984	5820
2003	4250	4279	2295	10824	1790	1303	3425	6518
2004	3870	4053	2131	10054	1912	1119	3544	6575
2005	2959	3344	1618	7921	1980	841	3208	6029
2006	3290	3339	1661	8290	2437	994	3490	6921
2007	2784	2909	1509	7202	2346	976	3093	6415
2008	2576	2862	1420	6858	2500	890	3103	6493
2009	2572	2613	1551	6736	2561	978	2999	6538
2010	3669	3513	1850	9032	3472	1442	4090	9004
2011	3523	3682	1916	9121	3167	1373	3958	8498
2012	4401	4257	2103	10761	3759	1788	4131	9678
2013	4547	4675	2382	11604	4068	1988	4512	10568
2014	4798	4761	2579	12138	4321	2193	4829	11343

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. 1: Química; 5: Mecánica; 6: Otros; 2: Cómputo y Comunicaciones; 3: Medicina y Farmacia; y 4: Eléctrica y electrónica.

Tabla 5.2: Patentes concedidas en USPTO por campo tecnológico Corea del Sur 2000-2014

Sectores	Tradicional				Moderno			
Campos	1	5	6	Total	2	3	4	Total
2000	672	547	330	1549	1582	96	1914	3592
2001	714	562	330	1606	1522	127	2233	3882
2002	837	652	412	1901	1441	133	2380	3954
2003	973	636	406	2015	1479	161	2395	4035
2004	1121	682	514	2317	1766	153	2783	4702
2005	989	735	505	2229	1844	116	2670	4630
2006	1187	928	547	2662	2868	176	3439	6483
2007	1264	913	633	2810	3056	170	3798	7024
2008	1467	1040	633	3140	4086	156	4540	8782
2009	1671	945	701	3317	4703	191	5218	10112
2010	2368	1203	918	4489	6442	353	6926	13721
2011	2491	1351	933	4775	7154	377	6761	14292
2012	2589	1455	982	5026	8848	459	6440	15747
2013	2716	1589	1040	5345	9481	568	6887	16936
2014	2818	1872	1125	5815	9789	681	8075	18545

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. 1: Química; 5: Mecánica; 6: Otros; 2: Cómputo y Comunicaciones; 3: Medicina y Farmacia; y 4: Eléctrica y electrónica.

Tabla 5.3: Patentes concedidas en USPTO por campo tecnológico de Brasil 2000-2014

Sector	Tradicional				Moderno			
	1	5	6	Total	2	3	4	Total
2000	21	13	32	66	0	3	5	8
2001	12	18	27	57	4	10	8	22
2002	19	17	19	55	1	12	11	24
2003	25	38	37	100	4	20	5	29
2004	27	26	28	81	14	8	7	29
2005	13	13	18	44	3	9	15	27
2006	20	19	35	74	2	22	3	27
2007	13	13	18	44	9	10	10	29
2008	14	11	19	44	3	5	11	19
2009	30	15	13	58	3	13	13	29
2010	35	28	27	90	9	16	13	38
2011	56	40	45	141	12	17	20	49
2012	47	43	24	114	12	31	17	60
2013	50	40	31	121	8	38	17	63
2014	81	42	48	171	25	39	22	86

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. 1: Química; 5: Mecánica; 6: Otros; 2: Computo y Comunicaciones; 3: Medicina y Farmacia; y 4: Eléctrica y electrónica.

Tabla 5.4: Patentes concedidas en USPTO por campo tecnológico de México 2000-2014

Sector	Tradicional				Moderno			
	1	5	6	Total	2	3	4	Total
2000	10	12	15	37	2	3	3	8
2001	10	24	10	44	0	5	5	10
2002	16	12	20	48	2	4	3	9
2003	16	6	14	36	4	7	8	19
2004	14	3	11	28	1	5	6	12
2005	4	2	11	17	2	6	7	15
2006	3	7	9	19	1	3	5	9
2007	4	2	8	14	4	2	2	8
2008	10	1	7	18	0	4	1	5
2009	7	7	9	23	2	4	0	6
2010	13	10	15	38	10	10	7	27
2011	53	17	19	89	5	10	4	19
2012	52	8	18	78	4	16	7	27
2013	60	18	32	110	2	29	6	37
2014	62	18	47	127	9	31	9	49

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. 1: Química; 5: Mecánica; 6: Otros; 2: Computo y Comunicaciones; 3: Medicina y Farmacia; y 4: Eléctrica y electrónica.

Tabla 5.5: Patentes por subcampo tecnológico de Corea del Sur, Alemania, Brasil y México 2000-2014

Países		Corea del Sur		Alemania		Brasil		México		
Sector	C	Sub	2000	2014	2000	2014	2000	2014	2000	2014
Tradicional	1	11	2	11	123	125	0	3	0	0
		12	96	265	354	370	2	8	2	5
		13	17	58	71	201	2	6	0	0
		14	103	364	1244	1407	4	18	1	16
		15	99	396	874	1042	2	13	0	17
		19	355	1724	1440	1653	11	33	7	24
	5	51	95	236	845	859	1	6	1	1
		52	73	243	528	504	2	1	8	4
		53	75	357	1171	1315	3	13	2	2
		54	154	502	130	334	1	0	0	0
		55	46	274	512	747	1	11	1	7
		59	104	260	817	1002	5	11	0	4
	6	61	20	30	120	140	0	3	0	2
		62	3	40	11	25	0	0	0	0
		63	25	111	212	102	0	2	0	3
		64	3	10	39	118	11	1	0	5
		65	18	88	162	257	0	5	2	6
		66	32	71	156	151	4	2	3	4
		67	7	40	208	187	0	1	0	1
68		11	42	169	273	5	12	4	6	
69		211	693	1035	1326	12	22	6	20	
Moderno	2	21	531	4468	514	1313	0	9	1	3
		22	426	2629	430	2705	0	13	1	5
		23	140	1396	45	139	0	1	0	1
		24	485	1296	109	164	0	2	0	0
	3	31	53	291	617	973	1	30	1	19
		32	15	154	278	680	1	3	1	5
		33	24	209	228	389	1	5	1	5
		39	4	27	84	151	0	1	0	2
	4	41	222	625	438	533	1	3	0	2
		42	129	848	155	366	0	1	1	1
		43	69	267	456	894	3	9	1	1
		44	29	172	155	336	0	0	1	1
		45	167	1540	598	1257	0	8	0	4
46		968	3528	448	1002	0	0	0	0	
		49	330	1095	312	441	1	1	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. Véase la nomenclatura de subcampos tecnológicos de Hall, Jaffe & Trajtenberg (2001) en las tablas 2.6 y 2.7 del capítulo 2.

Tabla 5.6: Agentes participantes en la creación de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno de Brasil en el 2000

Empresas, instituciones y universidades	Número	Subcampos	Origen
Petroleo Brasileiro S.A. - Petrobras (Rio de Janeiro, <i>BR</i>)	3	43	BRA
Nova Alianca Comercio (Sao Jose dos Campos -SP, <i>BR</i>)	2	41, 49	BRA
Industria E Comercio De Cosmeticos Natura Ltda (Sao Paulo, <i>BR</i>)	1	31	BRA
Biobras SA (Montes Claros, <i>BR</i>)	1	33	BRA
Johnson & Johnson Industria E. Comercio LTDA (<i>BR</i>)	1	32	USA
Universidade de Brasilia (Brasilia, <i>BR</i>)	1	33	BRA

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. 31: Medicamentos; 32: Instrumentos Médicos y Quirúrgicos; 33: Biotecnología; 41: Aparatos Eléctricos; 43: Instrumentos de Medida Observación; y 49: Miscelánea electrónica. Brasil (BRA) y Estados Unidos de América (USA).

Tabla 5.7: Agentes participantes en la creación de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno de Brasil en el 2014

Empresas, instituciones y universidades	Número	Subcampos	Origen
ECIL Met Tec Ltda. (Piedade SP, <i>BR</i>)	1	43	BRA
Vale S.A. (Rio de Janeiro, <i>BR</i>)	3	43, 21	BRA
Petroleo Brasileiro S.A.--Petrobras (Rio de Janeiro, <i>BR</i>)	3	43, 33, 977	BRA
Tyco Electronics Brasil LTDA (Sao Paulo, <i>BR</i>)	4	43, 41	SUI
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria--Embrapa (Plano Piloto, <i>BR</i>)	1	43	BRA
Empresa Brasileira de Compressores S.A.--Embraco (Joinville-SC, <i>BR</i>)	1	43	BRA
Aratec Engenharia Consultoria E Representacoes LTDA. (<i>BR</i>)	2	45	BRA
Whirlpool S.A. (Sao Paulo, <i>BR</i>)	9	49, 45, 21, 24	USA
Timpel S.A. (Sao Paulo, <i>BR</i>)	1	43	BRA
Embraer S.A. (Sao Jose dos Campos, <i>BR</i>)	4	21, 22, 43	BRA
Samsung Eletronica da Amazonia Ltda. (Manaus-Am, <i>BR</i>)	4	23, 21, 22	KOR
Industria Eletroeletronica Ltda (Curitiba, <i>BR</i>)	1	42	BRA
Industria de Motores Anauger S.A. (Itupeva, SP, <i>BR</i>)	1	45	BRA
Ericsson Telecomunicacoes S.A. (Sao Paulo SP, <i>BR</i>)	1	21	SUE
AT&T Intellectual Property I, L.P. (Atlanta, GA)	1	21	USA
Universidade Federal do Rio Grande do sul--UFRGS (Porto Alegre, RS, <i>BR</i>)	1	21	BRA
Siter Smart Software LTDA (Sao paulo, <i>BR</i>)	2	21	BRA
Fundacao Oswaldo Cruz--FIOCRUZ (Rio de Janeiro, <i>BR</i>)	7	31, 33, 22	BRA
Herbarium Laboratorio Botanico Ltda. (<i>BR</i>)	1	31	BRA
Fundacao Sao Francisco Xavier (Ipatinga-MG, <i>BR</i>)	2	31	BRA
Fundacao de Amparoa Pesquisa do Estado de Sao Paulo-Fapesp (Sao Paulo, <i>BR</i>)	8	31, 33, 977	BRA

Corn Products Development, Inc (Jabaquara, Sao Paulo, <i>BR</i>)	1	31	CAN
Biolab Sanus Farmaceutica Ltda. (Taboao da Serra SP, <i>BR</i>)	4	31, 33	BRA
Cryopraxis Criobiologia Ltda. (Rio de Janeiro, <i>BR</i>)	1	31	BRA
Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte, <i>BR</i>)	2	31	BRA
Eurofarma Laboratories S.A. (Sao Paulo-SP, <i>BR</i>)	1	31	BRA
Natura Cosmetics S.A. (Sao Paulo-SP, <i>BR</i>)	4	31	BRA
Chemyunion Quimica Ltda. (Sorocaba, <i>BR</i>)	1	31	BRA
UFRJ, IEAPM, UFF (Rio de Janeiro, <i>BR</i>)	2	31	BRA
Universidade Federal de Sao Paulo--UNIFESP (Sao Paulo, <i>BR</i>)	1	31	BRA
Cristalia Produtos Quimicos Farmaceuticos Ltda. (Itapira, <i>BR</i>)	2	31, 33	BRA
University of South Florida (Tampa, FL)	1	31	USA
The United States of America as represented by the Secretary of the Department of Health and Human Services (Washington, DC)	2	31	USA
Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, MA)	2	32, 39	USA
Universidade Federal de Paraiba (Joao Pessoa, <i>BR</i>)	2	39, 32	BRA
Roma Comercial Quimica Ltda. (Belo Horizonte MG, <i>BR</i>)	2	31, 33	BRA
Cornell Research Foundation, Inc. (Ithaca, NY)	1	33	USA
The Regents of the University of California (Oakland, CA)	1	33	USA
TMG--Tropical Melhoramento e Genetica Ltda. (<i>BR</i>)	2	33	BRA
UNIAO Brasileria de Educacao e Assistencia--Mantenedora da PUCRS (Porto Alegre, <i>BR</i>)	2	31, 22	BRA
Universidade Bandeirante de Sao Paulo-Academia, Paulista Anchieta S/C Ltda (Sao Paulo, <i>BR</i>)	1	31	BRA
Incrementa P, D & I Pesquisa, Desenvolvimento e Inovacao de Farmacos e Medicamentos Ltda (Sao Paulo, <i>BR</i>)	1	31	BRA
Universidade Federal Do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, <i>BR</i>)	1	31	BRA
ACEF S.A. (Franca (SP), <i>BR</i>)	1	31	ARG
Instituto Nacional de Pesquisa de Amazonia INPA (Manaus, <i>BR</i>)	1	31	BRA
Universidade De Sao Paulo (USP) (<i>BR</i>)	1	31	BRA
Johnson & Johnson Ind. E Com. Ltda (<i>BR</i>)	1	22	USA
Universidade de Caxias do Sul (Caxias do Sul, <i>BR</i>)	2	22	BRA
Fundacao CPQD (Sao Paulo, <i>BR</i>)	1	22	BRA
Datagenno Interactive Research Ltda. (<i>BR</i>)	1	22	BRA
TQTV D Software Ltda. (Rio de Janeiro, <i>BR</i>)	1	24	BRA
Nanum Nanotecnologia S/A (Minas Gerais, <i>BR</i>)	1	977	BRA

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. 21: Comunicaciones; 22: Cómputo: Hardware & Software; 23: Cómputo: Periféricos; 31: Medicamentos; 32: Instrumentos Médicos y Quirúrgicos; 33: Biotecnología; 39: Miscelánea Farmacéutica; 41: Aparatos Eléctricos; 42: Iluminación Eléctrica; 43: Instrumentos de Medida Observación; 45: Sistemas de Energía y 49: Miscelánea electrónica. Argentina (ARG), Brasil (BRA), Canadá (CAN), Estados Unidos de América (USA), Suecia (SUE) y Suiza (SUI)

Tabla 5.8: Agentes participantes en la creación de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno de México en el 2000.

Empresas, instituciones y universidades	Número	Subcampos	Origen
Regents of the University of California (Los Alamos, <i>MX</i>)	4	22, 33, 43, 44	USA
Vitromatic Comercial, S.A. De C.V. (Monterrey, <i>MX</i>)	1	21	MEX
Teletec de Mexico, SA, DE CV. (Naucalpan, <i>MX</i>)	1	42	MEX
Universidad Nacional Autonoma de Mexico (Distrito Federal, <i>MX</i>)	1	33	MEX
Laboratorios Sophia (Jalisco, <i>MX</i>)	1	31	MEX
Absormex S.A. de C.V. (Nuevo Leon, <i>MX</i>)	1	32	MEX

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. 21: Comunicaciones; 22: Cómputo: Hardware & Software; 31: Medicamentos; 32: Instrumentos Médicos y Quirúrgicos; 33: Biotecnología; 42: Iluminación Eléctrica; 43: Instrumentos de Medida Observación y 44: Rayos X y Nucleares. México (MEX) y Estados Unidos de América (USA).

Tabla 5.9: Agentes participantes en la creación de conocimiento en el sector tecnológicamente moderno de México en el 2014.

Empresas, instituciones y universidades	Número	Subcampos	Origen
Mexichem Amanco Holding S.A. de C.V. (Tlalnepantla, <i>MX</i>)	5	45	MEX
Intelliswitch, SA de CV (Monterrey, Nuevo Leon, CP, <i>MX</i>)	1	42	MEX
Instituto Potosino de Investigacion Cientifica y Tecnologica A.C. (San Luis Potosi, <i>MX</i>)	2	41	MEX
RFID Mexico, S.A. de C.V. (Nuevo Leon, <i>MX</i>)	3	21	MEX
Universidad Nacional Autonoma de Mexico (Mexico D.F., <i>MX</i>)	5	23, 31, 33	MEX
Intellicyt Corporation (Albuquerque, <i>MX</i>)	1	43	USA
Centro de Investigacion y de Estudios Avanzados del Instituto Politecnico Nacional (Apodaca, Nuevo Leon, <i>MX</i>)	1	44	MEX
Instituto Nacional de Psiquiatria Ramon de la Fuente Muniz (Mexico, <i>MX</i>)	1	31	MEX
Centro de Investigacion en Alimentacion y Desarrollo, A.C. (CIAD) (Hermosillo, <i>MX</i>)	3	31	MEX
Nucitec, S.A. de C.V. (Queretaro, <i>MX</i>)	5	31	MEX
Comercializadora S. Car. Borr S.A. de C.V. (Mexico City, <i>MX</i>)	1	31	MEX
Nuevas Alternativas Naturales, S.A.P.I. de C.V. (Monterrey, <i>MX</i>)	1	31	MEX
Laboratorios Silanes S.A. de C.V. (Mexico City, <i>MX</i>)	2	31	MEX
Universidad de Guanajuato (Guanajuato, <i>MX</i>)	1	31	MEX
Nanomateriales S.A. de C.V. (San Pedro Garza Garcia, <i>MX</i>)	1	31	MEX
Centro de Investigacion en Materiales Avanza Dos S.C. (CIMAV) (Chihuahua, <i>MX</i>)	1	33	MEX
University of Pittsburgh--of the Commonwealth System of Higher Education (Pittsburg, PA)	1	33	USA
The University of Chicago (Chicago, IL)	1	33	USA

Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas--D.F. (Mexico City, <i>MX</i>)	1	33	MEX
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Monterrey, <i>MX</i>)	4	22, 32, 398, 901	MEX
Instituto Mexicano del Petróleo (Mexico City, <i>MX</i>)	2	32, 977	MEX
Laboratories Senosiain S.A. de C.V. (Mexico City, <i>MX</i>)	2	31	MEX
Laboratorios Liomont, S.A. DE C.V. (Cuajimalpa, <i>MX</i>)	1	31	MEX
Universidad Autónoma Metropolitana (Mexico D.F., <i>MX</i>)	1	31	MEX
Vitalmex Internacional S.A. de C.V. (Mexico City, <i>MX</i>)	7	32, 39, 22	MEX
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Puebla, <i>MX</i>)	1	32	MEX
Mabe, S.A. DE C.V. (Querétaro, <i>MX</i>)	1	22	MEX
Administradora de Proyectos y Sistemas Avanzados, S.C. (<i>MX</i>)	3	22	MEX

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO 2022. 21: Comunicaciones; 22: Cómputo: Hardware & Software; 23: Cómputo: Periféricos; 31: Medicamentos; 32: Instrumentos Médicos y Quirúrgicos; 33: Biotecnología; 39: Miscelánea Farmacéutica; 41: Aparatos Eléctricos; 42: Iluminación Eléctrica; 43: Instrumentos de Medida Observación; 44: Rayos X y Nucleares; y 45: Sistemas de Energía. México (MEX) y Estados Unidos de América (USA).

Tabla 5.10: Valores de indicadores de capacidades tecnológicas nacionales de Alemania

Dimensión	Primera				Segunda		Tercera	
	Capital humano		Infraestructura tec.		Inversión		Conocimiento	
Categoría	MU	IID	AE	Internet	GID	GE	Patentes	Artículos
2000	1993429 ^E	3167.95	100	30.22	2.41	4.18 ^E	9528	69002.63
2001	2043665 ^E	3245.82	100	31.65	2.40	4.17 ^E	10623	70648.69
2002	2052688 ^E	3260.09	100	48.82	2.44	4.23 ^E	10682	71545.71
2003	2075084 ^E	3295.28	100	55.90	2.47	4.30 ^E	11041	72368.78
2004	2084126 ^E	3309.57	100	64.73	2.44	4.23 ^E	10472	75429.31
2005	2100284 ^E	3335.04	100	68.71	2.44	4.24 ^E	8858	83968.28
2006	2164895 ^E	3434.57	100	72.16	2.47	4.29	9981	85233.18
2007	2259589 ^E	3578.50	100	75.16	2.46	4.37	9159	89413.66
2008	2361736 ^E	3733.28	100	78.00	2.62	4.44	9242	91903.9
2009	2487631 ^E	3922.21	100	79.00	2.74	4.91	9478	95453.2
2010	2576846 ^E	4058.01	100	82.00	2.73	4.94	12421	97252.08
2011	2662673 ^E	4188.81	100	81.27	2.81	4.82	11853	100768.6
2012	2770835 ^E	4352.32	100	82.35	2.88	4.96	13722	105433.2
2013	2780013	4366.69	100	84.17	2.84	4.94	14963	105730.8
2014	2912203	4320.70	100	86.19	2.88	4.92	16097	108473.7
2015	2977781	4743.79	100	87.59	2.93	4.86	16179	106452.9
2016	3043084	4861.75	100	84.17	2.94	4.84	16117	108295.6
2017	3091694	5076.52	100	84.39	3.07	4.88	16892	107803.2
2018	3127927	5211.87	100	87.04	3.13	4.99	15832	104396.1

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial y USPTO 2022. E: Los datos con este símbolo fueron estimados.

Tabla 5.11: Valores de indicadores de capacidades tecnológicas nacionales de Corea del Sur

Dimensión	Primera				Segunda		Tercera	
Categoría	Capital humano		Infraestructura tec.		Inversión		Conocimiento	
Indicadores	MU	IID	AE	Internet	GID	GE	Patentes	Artículos
2000	3003498	2287.29	100	44.70	2.13	3.62 ^E	3284	15905.06
2001	3129899	2857.85	100	56.60	2.28	3.90	3534	18512.07
2002	3210142	2956.63	100	59.40	2.21	3.79	3744	20091.98
2003	3223431	3134.09	100	65.50	2.28	4.13	3875	23608.45
2004	3224875	3221.46	100	72.70	2.44	4.12	4491	27661.76
2005	3210184	3692.17	100	73.50	2.52	3.90	4416	31833.9
2006	3204036	4091.41	100	78.10	2.72	3.97	6317	36859.56
2007	3208591	4525.93	100	78.80	2.87	3.95	7212	41496.3
2008	3204310	4801.24	100	81.00	2.99	4.46	8718	44094.48
2009	3219216	4946.09	100	81.60	3.15	4.67	9608	45913.84
2010	3269509	5330.80	100	83.70	3.32	4.45 ^E	12499	50589.14
2011	3356011	5802.84	100	83.76	3.59	4.86	13253	53719.87
2012	3356630	6304.14	100	84.07	3.85	5.10	14101	56267.53
2013	3342264	6392.64	100	84.77	3.95	5.25	15648	57863.47
2014	3318307	6826.27	100	87.56	4.08	5.27	18171	60705.29
2015	3268099	7013.49	100	89.90	3.98	5.25	20231	62645.93
2016	3204348	7086.45	100	92.84	3.99	4.33	22117	62735.09
2017	3136395	7497.60	100	95.07	4.29	4.33	22996	63979.21
2018	3083800	7980.40	100	96.02	4.53	4.46	22126	66376.17

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022

Tabla 5.12: Valores de indicadores de capacidades tecnológicas nacionales de México

Dimensión	Primera				Segunda		Tercera	
Categoría	Capital humano		Infraestructura tec.		Inversión		Conocimiento	
Indicadores	MU	IID	AE	Internet	GID	GE	Patentes	Artículos
2000	1962763	224.75	98.01	5.08	0.31	3.99	38	5053.71
2001	2047895	233.21	97.14	7.04	0.32	4.24	39	5470.52
2002	2147075	306.16	97.90	11.90	0.35	4.45	44	5986.61
2003	2236791	325.55	97.50	12.90	0.39	5.07	36	6723.17
2004	2322781	380.08	98.60	14.10	0.39	4.73	24	7308.35
2005	2384858	414.34	98.93	17.21	0.40	4.85	18	8306.8
2006	2446726	337.15	99.11	19.52	0.37	4.70	21	9379.34
2007	2528664	347.44	98.11	20.81	0.40	4.69	36	9611.38
2008	2623367	339.65	98.91	21.71	0.44	4.82	29	10459.3
2009	2705190	382.10	98.41	26.34	0.48	5.19	28	10717.65
2010	2847376	337.42	99.24	31.05	0.49	5.16	51	11318.23
2011	2981313	344.23	99.06	37.18	0.47	5.11	82	11859.26

2012	3161195	248.09	99.11	39.75	0.42	5.10	83	12585.07
2013	3300348	251.80	99.23	43.46	0.43	4.70	123	13295.3
2014	3419391	260.19	99.17	44.39	0.44	5.26	140	14345.85
2015	3515404	281.32	99.00	57.43	0.43	5.23	94	14585.58
2016	4244401	315.26	99.50	59.54	0.39	4.91	96	15199.9
2017	4430248	329.07 ^E	100.00	63.85	0.33	4.52	167	16004.9
2018	4561792	338.84 ^E	99.50	65.77	0.31	4.25	107	16345.64

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022

Tabla 5.13: Valores de indicadores de capacidades tecnológicas nacionales de Brasil

Dimensión	Primera				Segunda		Tercera	
Categoría	Capital humano		Infraestructura tec.		Inversión		Conocimiento	
Indicadores	MU	IID	AE	Internet	GID	GE	Patentes	Artículos
2000	2781328	295.23	94.36	2.87	1.05	3.95	52	12783.45
2001	3125745	337.40	96.02	4.53	1.06	3.84	64	13944.64
2002	3582105	398.41	96.65	9.15	1.01	3.75	61	16148.98
2003	3994422	423.25	96.98	13.21	1.00	4.12 ^E	129	17585.44
2004	4275027	483.03	96.77	19.07	0.96	3.97	110	19814.08
2005	4572297	509.02	97.09	21.02	1.00	4.48	60	22304.02
2006	5157436 ^E	543.24	97.59	28.18	0.99	4.87	77	28348.73
2007	5272877	555.13	98.13	30.88	1.08	4.97	61	31059.14
2008	5958135	590.71	98.53	33.83	1.13	5.27	63	35489.96
2009	6115138	625.52	98.86	39.22	1.12	5.46	71	38551.09
2010	6552707	686.12	99.35	40.65	1.16	5.65	111	41666.17
2011	6929324	737.72	99.33	45.69	1.14	5.74	150	44353.74
2012	7241405	788.49	99.52	48.56	1.13	5.86	131	48282.01
2013	7541112	838.47	99.58	51.04	1.20	5.84	149	50497.9
2014	8072146	887.68	99.65	54.55	1.27	5.95	192	52632.41
2015	8285475	911.14 ^E	99.71	58.33	1.34	6.24	232	53064.56
2016	8319089	914.83 ^E	99.70	60.87	1.26	6.31	212	55181.31
2017	8571423	942.58 ^E	99.80	67.47	1.09	6.32	230	58022.38
2018	8741996	961.34 ^E	99.70	70.43	1.16	6.09	202	60147.96

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022

Tabla 5.14: Cálculo de la primera dimensión de indicadores de CTN

1° Dimensión	Recursos disponibles			
Países	Corea del Sur	Alemania	Brasil	México
2000	0.93	0.67	0.20	0.17
2001	0.97	0.63	0.26	0.08

2002	0.91	0.70	0.26	0.12
2003	0.89	0.70	0.26	0.06
2004	0.87	0.72	0.28	0.17
2005	0.86	0.70	0.27	0.19
2006	0.84	0.68	0.30	0.18
2007	0.83	0.68	0.31	0.02
2008	0.81	0.68	0.32	0.08
2009	0.80	0.68	0.39	0.01
2010	0.79	0.68	0.35	0.02
2011	0.79	0.66	0.38	0.02
2012	0.78	0.66	0.44	0.02
2013	0.78	0.66	0.43	0.03
2014	0.77	0.65	0.48	0.02
2015	0.76	0.65	0.46	0.03
2016	0.76	0.60	0.38	0.06
2017	0.75	0.58	0.30	0.31
2018	0.75	0.59	0.41	0.07

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022

Tabla 5.15: Cálculo de la segunda dimensión de indicadores de CTN

2° Dimensión	Esfuerzos			
	Países	Corea del Sur	Alemania	Brasil
2000	0.43	1.00	0.47	0.33
2001	0.54	0.91	0.18	0.50
2002	0.47	0.84	0.16	0.50
2003	0.46	0.59	0.15	0.50
2004	0.60	0.67	0.14	0.50
2005	0.50	0.66	0.45	0.50
2006	0.50	0.63	0.63	0.41
2007	0.50	0.62	0.64	0.36
2008	0.51	0.43	0.63	0.23
2009	0.50	0.58	0.62	0.33
2010	0.50	0.60	0.62	0.29
2011	0.52	0.37	0.61	0.15
2012	0.58	0.36	0.60	0.08
2013	0.74	0.45	0.61	0.00
2014	0.67	0.34	0.61	0.16
2015	0.64	0.35	0.63	0.14
2016	0.50	0.48	0.62	0.14
2017	0.50	0.48	0.60	0.05
2018	0.56	0.54	0.60	0.00

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022.

Tabla 5.16: Cálculo de la tercera dimensión de indicadores de CTN

3° Dimensión	Conocimiento disponible			
Países	Corea del Sur	Alemania	Brasil	México
2000	0.26	1.00	0.06	0.00
2001	0.27	1.00	0.07	0.00
2002	0.28	1.00	0.08	0.00
2003	0.30	1.00	0.09	0.00
2004	0.36	1.00	0.10	0.00
2005	0.40	1.00	0.09	0.00
2006	0.50	1.00	0.13	0.00
2007	0.59	1.00	0.14	0.00
2008	0.68	1.00	0.16	0.00
2009	0.71	0.99	0.17	0.00
2010	0.73	1.00	0.18	0.00
2011	0.74	0.95	0.19	0.00
2012	0.74	0.99	0.19	0.00
2013	0.74	0.98	0.20	0.00
2014	0.75	0.94	0.20	0.00
2015	0.76	0.90	0.21	0.00
2016	0.76	0.86	0.22	0.00
2017	0.76	0.87	0.23	0.00
2018	0.78	0.86	0.25	0.00

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022.

Tabla 5.17: Índice de capacidades tecnológicas nacionales de Corea del Sur, Alemania, Brasil y México

ICTN	Índice de Capacidades Tecnológicas Nacionales			
Países	Corea del Sur	Alemania	Brasil	México
2000	0.538	0.890	0.244	0.169
2001	0.591	0.848	0.167	0.195
2002	0.556	0.846	0.165	0.207
2003	0.549	0.766	0.164	0.188
2004	0.611	0.794	0.172	0.223
2005	0.589	0.787	0.272	0.229
2006	0.611	0.769	0.353	0.196
2007	0.641	0.766	0.361	0.128
2008	0.667	0.701	0.368	0.105
2009	0.669	0.750	0.393	0.114
2010	0.674	0.759	0.383	0.104
2011	0.682	0.661	0.392	0.058

2012	0.699	0.668	0.411	0.034
2013	0.754	0.696	0.414	0.009
2014	0.729	0.641	0.432	0.063
2015	0.723	0.633	0.433	0.053
2016	0.671	0.650	0.407	0.067
2017	0.671	0.644	0.376	0.120
2018	0.697	0.660	0.420	0.022

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022.

Tabla 5.18: Brechas tecnológicas

Países	Brecha respecto Corea		Brecha respecto Alemania		Brecha países desarrollados		Brecha países AL	
	Brasil	México	Brasil	México	Corea del Sur	Alemania	Brasil	México
2000	0.293	0.369	0.646	0.721	-0.352	0.352	0.076	-0.076
2001	0.424	0.396	0.681	0.653	-0.257	0.257	-0.028	0.028
2002	0.392	0.349	0.681	0.638	-0.289	0.289	-0.043	0.043
2003	0.385	0.361	0.602	0.578	-0.217	0.217	-0.024	0.024
2004	0.439	0.388	0.622	0.571	-0.184	0.184	-0.051	0.051
2005	0.316	0.360	0.515	0.558	-0.199	0.199	0.043	-0.043
2006	0.258	0.416	0.416	0.574	-0.158	0.158	0.158	-0.158
2007	0.280	0.513	0.405	0.638	-0.125	0.125	0.233	-0.233
2008	0.299	0.562	0.333	0.597	-0.034	0.034	0.264	-0.264
2009	0.277	0.556	0.357	0.636	-0.081	0.081	0.279	-0.279
2010	0.291	0.570	0.376	0.655	-0.085	0.085	0.279	-0.279
2011	0.289	0.624	0.269	0.604	0.021	-0.021	0.335	-0.335
2012	0.288	0.665	0.257	0.634	0.031	-0.031	0.377	-0.377
2013	0.340	0.745	0.282	0.687	0.058	-0.058	0.405	-0.405
2014	0.296	0.666	0.209	0.579	0.087	-0.087	0.369	-0.369
2015	0.289	0.669	0.200	0.580	0.089	-0.089	0.380	-0.380
2016	0.264	0.604	0.243	0.582	0.021	-0.021	0.340	-0.340
2017	0.295	0.552	0.268	0.524	0.027	-0.027	0.256	-0.256
2018	0.276	0.675	0.240	0.638	0.037	-0.037	0.398	-0.398

Fuente: Elaboración propia con datos de Banco Mundial, UNESCO y USPTO 2022.