

Análisis de estrategias y alternativas para impulsar el desarrollo de actividades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) que impulsen el ecosistema digital en México

José Luis Cuevas Ruíz

Centro de Estudios

Diciembre 2022

El estudio presenta un panorama de las actividades I+D+i en México, destacando su importancia en el desarrollo tecnológico; se analiza el estado actual de estas con base en índices internacionales haciendo uso de indicadores que describen mecanismos de financiamiento, tipos de investigación que se realiza, políticas de gestión, etc. Se identifican áreas de oportunidad y estrategias para impulsar la innovación como un elemento fundamental del desarrollo del ecosistema digital en México. Se analizan algunas iniciativas innovadoras de I+D+i que se han llevado a cabo en México de parte de empresas privadas y otras impulsadas por entidades gubernamentales y regulatorias en el mundo. Finalmente se identifican algunas oportunidades para el IFT, líneas de acción basadas en estrategias innovadoras aplicadas en su ámbito de competencia, así como acciones para fortalecer su operación.

Análisis de estrategias y alternativas para impulsar el desarrollo de actividades Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) que impulsen el desarrollo digital en México.

Jose Luis Cuevas Ruiz¹

¹ Doctor en Teoría de la Señal y Comunicaciones por la Universidad Politécnica de Cataluña, UPC. Barcelona, España. Maestría en Ciencias por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo, CENIDET. México. Ingeniero Industrial en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Veracruz. Investigador en el Centro de Estudios del IFT y coordinador del Grupo de Trabajo de Ciberseguridad en el recién creado Comité 5G que coordina el IFT. Colaboró con la SCT en la Dirección de Comunicaciones Rurales. Experiencia en evaluación y diseño de redes de Telecomunicaciones fijas y móviles y consultor en TIC por más de 15 años, participando en Proyectos Tecnológicos Nacionales y Extranjeros. Es autor de dos libros, más de 40 artículos de investigación publicados en Congresos y Revistas: Docente universitario, habiendo dirigido de tesis de Maestría y Doctorado.

Índice

I.	Resumen.....	4
II.	Introducción	5
	Antecedentes.....	5
III.	I+D+i. Indicadores	8
	Financiamiento	8
	Publicaciones y patentes	10
	Políticas de ciencia, tecnología e innovación.....	12
	Innovación	14
IV.	I+D+i en México	16
	Panorama General.....	16
	Educación	19
	Centros de investigación.....	20
	I+D+i en TIC.....	21
	Innovación, emprendimiento y startups.....	23
V.	Innovación y Regulación de TIC	28
	Regulación e innovación.....	28
	Nuevas habilidades y uso de herramientas digitales	29
	Regulación data-driven.....	30
	Fortalecimiento de la Colaboración.....	31
	Sandbox regulatorio	32
	Gestión espectral.....	38
	Ciberseguridad.....	41
	Otras oportunidades de Innovación para el IFT.....	42
VI.	Conclusiones y recomendaciones.....	48
VII.	Referencias	51

I. Resumen

En el presente estudio se analizan las actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) como piezas fundamentales para el desarrollo de alternativas y condiciones que fomenten e impulsen la transformación digital mediante el desarrollo de soluciones y aplicaciones con base tecnológica. En este contexto, las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) se constituyen como las herramientas y medios que materializan esta transformación.

Se presentan los resultados de diversos índices e indicadores que describen las principales características de las actividades I+D+i, destacando los mecanismos y fuentes de financiamiento, así como el tipo de investigación que primordialmente se realiza en México.

El estudio aborda diversas acciones e iniciativas I+D+i llevadas a cabo por entidades públicas y privadas, haciendo énfasis en aquellas enfocadas en el uso y aprovechamiento de las TIC; adicionalmente se presenta información y características de algunos clústeres de innovación que se encuentran en desarrollo en el país, donde se resalta la participación de sectores académicos, la industria y entidades de gobierno.

Así mismo, se brinda un panorama de las oportunidades que la innovación ofrece en temas de regulación relacionadas con la gestión de espectro, el desarrollo de redes experimentales, esquemas flexibles de licenciamiento y ciberseguridad, describiendo también oportunidades que la innovación ofrece en cuanto al fortalecimiento institucional.

Se establece que los reguladores deberán desarrollar permanentemente estrategias de fortalecimiento institucional, actuando en tres dimensiones clave: **fortalecimiento de su capacidad** por medio del desarrollo de nuevas habilidades y el impulso del uso de herramientas digitales; **hacer uso de una aproximación *data-driven*** para dar soporte a la actividad regulatoria y de supervisión, y avanzar en el **fortalecimiento de la colaboración con otras entidades**. Se describe el papel de la innovación como elemento fundamental en este proceso de fortalecimiento institucional.

Se presentan también algunas iniciativas innovadoras emprendidas por algunos reguladores en el mundo, donde se destaca la colaboración intersectorial, el uso de recursos y herramientas digitales, así como la importancia de las competencias del recurso humano, destacando las habilidades digitales y el conocimiento de temas como la Ciencia de Datos.

Resultado de este análisis se identifican algunos retos y áreas de oportunidad en pro del desarrollo de la innovación en nuestro país. Así mismo, se presentan algunas conclusiones y se emiten una serie de recomendaciones y líneas de acción posibles para el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT o Instituto).

II. Introducción

Antecedentes

Las actividades de Investigación, Desarrollo e innovación se posicionan como la principal fuente de generación de soluciones innovadoras y nuevos modelos de negocio, así como para la generación de nuevas y mejores alternativas de servicios y productos. Las actividades I+D+i se constituyen como piezas fundamentales para el desarrollo de alternativas y condiciones que fomenten e impulsen la transformación digital mediante el desarrollo de soluciones y aplicaciones con base tecnológica. En este contexto, las TIC se constituyen como las herramientas y medios que están materializando dicha transformación.

Una estrategia de planificación y ejecución de estas actividades por parte de los gobiernos y entidades privadas se constituye como un elemento impulsor del desarrollo económico, abordando retos específicos como la transformación digital de la industria, la formación de los perfiles profesionales que se requieren, la competitividad de las pymes, el uso sustentable de los recursos, entre muchos otros. El enfoque y objetivos de esta estrategia estará en función de las necesidades y particularidades de cada nación.

El objetivo del presente estudio es analizar las estrategias y alternativas para promover el desarrollo de actividades I+D+i que impulsen el ecosistema digital en México, con el objeto de integrar recomendaciones y líneas de acción para promover estas actividades, identificando los principales actores en México y el rol del IFT como impulsor de la innovación y desarrollo tecnológico.

Existe una concepción generalizada de que el grado de desarrollo de un país está relacionado directamente con el nivel tecnológico involucrado en sus actividades productivas, de servicios, educación, etc., (Fagerberg & Srholec, 2008). El nivel tecnológico al que se hace referencia se presenta como un concepto amplio, que se conceptualiza como la capacidad tecnológica de un país definida desde tres aspectos fundamentales:

- **Financiero.** Se presenta como la capacidad de contar con los recursos financieros y su uso de manera eficiente.
- **Habilidades.** Este aspecto no se refiere solo a un umbral de educación general, sino que además se enfatiza en el conocimiento y desarrollo de habilidades digitales que permita una gestión especializada y competencias técnicas.
- **Iniciativas tecnológicas nacionales.** Este aspecto está relacionado con la medición de la cantidad y diversidad de actividades de investigación y desarrollo (I+D), generación de patentes y personal técnico existente.

La capacidad tecnológica a la que se hace mención no depende únicamente de las iniciativas locales, sino también de la tecnología de otros países adquirida por medio de la importación de maquinaria e inversión extranjera en estos rubros.

De los aspectos citados, existen indicadores² que han sido recopilados por varios índices elaborados por organismos y centros internacionales. Producto del análisis de estos indicadores se pretende identificar las áreas de oportunidad y fortalezas en nuestro país en relación con este tipo de actividades, conocer las buenas prácticas aplicadas en otros países, así como los resultados obtenidos con las estrategias implementadas en el pasado.

Para el IFT, el tema de innovación está ligado de manera estrecha con su competencia, de acuerdo con lo señalado en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR). En la fracción III del artículo 60, se establece que el IFT deberá *“promover la convergencia de redes y servicios para lograr la eficiencia en el uso de infraestructura y la **innovación** en el desarrollo de aplicaciones.”*. Así mismo, en el inciso b) de la fracción I, del artículo 78, se establece que, para el otorgamiento de concesiones en materia de telecomunicaciones, el IFT podrá considerar *“la cobertura, calidad e **innovación**”*. De igual manera, en la fracción I, del artículo 124³ se establece como uno de los objetivos el de *“promover un amplio desarrollo de nuevos concesionarios, tecnologías, infraestructuras y servicios de telecomunicaciones, por medio del despliegue y la inversión en redes de telecomunicaciones y el **fomento de la innovación**”*.

Así mismo, en la hoja de ruta definida en la Estrategia IFT 2021-2025⁴ publicada en 2020, en la Estrategia 4.3 se establece que deberá *“promover la diversidad, la pluralidad e **innovación** de los servicios de Telecomunicaciones y Radiodifusión en el ecosistema digital”*. En relación con los objetivos transversales, se establece que *“deberá fortalecer la **innovación institucional** para el desarrollo propicio de las Telecomunicaciones y Radiodifusión y el ecosistema digital”*.

En relación con las actividades de I+D en la Estrategia 3.1, Línea de Acción Regulatorio (LAR) 3.1.6, se menciona que con el fin de desarrollar un entorno adecuado que permita fomentar un entorno de investigación y desarrollo (I+D), deberá colaborar con las entidades involucradas, tanto públicas como privadas, en la promoción de la investigación en nuevas tecnologías para **la innovación y desarrollo** de casos de uso dentro del ecosistema digital. En la misma LAR, se menciona que el desarrollo propicio de la I+D+i se posiciona como un eje fundamental para el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías y casos de uso en el ecosistema digital.

² Observatorio Mexicano de Innovación. Índice Mexicano de Innovación, OCDE, Banco Mundial GII (índice de innovación), UNESCO, Global Startup Index

³ Ver LFTR, pg 56. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTR.pdf>

⁴ Ver Estrategia IFT 2021-2025.

En <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/transparencia/estrategia20202025.pdf>

Adicionalmente, dentro de las recomendaciones del VI Consejo Consultivo del IFT⁵ se citan áreas que pueden ser mejoradas dentro de la labor del Instituto. Dentro de estas áreas se menciona la integración de políticas de promoción de la **innovación**.

En general, el documento está integrado de la siguiente manera: en la sección II se describe la importancia general de las actividades I+D+i, describiendo algunas características en su implementación, destacando así mismo el papel de estas como elemento clave en el desarrollo tecnológico. En la sección III se recopilan algunos indicadores que permiten estimar el estado actual de estas actividades en algunos países, particularmente en México. Se describen algunas de las principales estrategias en la asignación de recursos para estas actividades, así como el tipo de investigación a la que se enfocan. En la sección IV se profundiza en algunas de las acciones concretas en materia de I+D+i en México, mientras que en la sección V se abordan oportunidades que la innovación presenta en materia de regulación de las TIC, identificando algunas acciones emprendidas por otros países y resaltando algunas oportunidades para el IFT. Finalmente, en la sección VI se integran conclusiones y se dan algunas recomendaciones, sobre todo respecto al papel que el IFT pudiera tomar como promotor e impulsor de la Investigación, Desarrollo e Innovación para el sector de las telecomunicaciones y radiodifusión en México, así como algunas recomendaciones para fortalecer la operación del IFT.

⁵ https://consejoconsultivo.ift.org.mx/popiniones.php#https://consejoconsultivo.ift.org.mx/docs/recomendaciones/2022/15_recomendaciones_para_consolidar_al_instituto_federal_de_telecomunicaciones_como_regulador_de_quinta_generacion.pdf

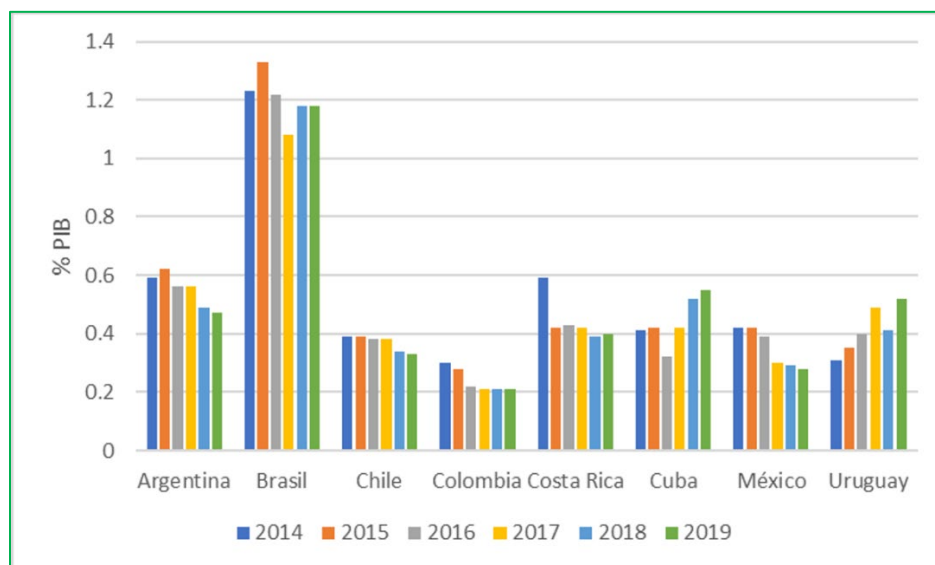
III. I+D+i. Indicadores

El desarrollo de las actividades I+D+i es un fenómeno complejo y con muchas aristas, en el que participan diversos actores con necesidades y motivaciones diferentes, además de llevarse a cabo en diferentes escenarios y momentos. De este modo, no existe un indicador único que permita determinar las capacidades de I+D+i de los países, empresas, universidades y centros de investigación. En consecuencia, suele tomarse en consideración una serie de indicadores de insumos y resultados que permiten realizar una estimación aproximada sobre las capacidades de I+D+i.

Financiamiento

Tradicionalmente, ha existido un rezago en el gasto que los países de América Latina (AL) dedican a actividades de I+D, respecto a países más desarrollados. Esta tendencia se ha incrementado en los últimos años. Como puede verse en la Gráfica 1, con excepción de Brasil que presenta porcentajes ligeramente mayores al 1% del Producto Interno Bruto (PIB)⁶, el porcentaje destinado para el resto de los países se encuentra muy por debajo de este 1%. En los últimos años, en México este porcentaje ha sido menor de 0.5%. Países con menores economías como Holanda (economía No. 17) y Suecia (economía No. 22), destinaron en el 2020 el 2.3% y el 3.4% respectivamente; en ese mismo año, México (economía No. 15) destinó el 0.3%.

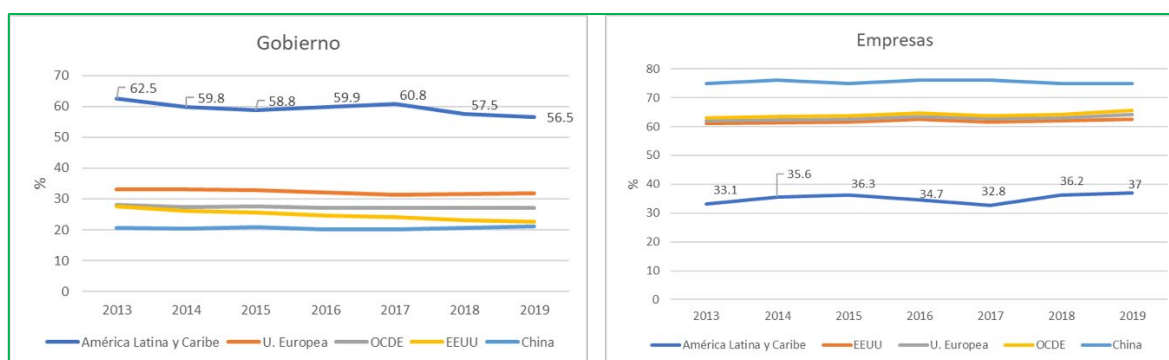
Gráfica 1. Porcentaje del PIB en inversión para I+D (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022))



⁶ Conjunto de los bienes y servicios producidos en un país durante un espacio de tiempo, generalmente un año. Definición tomada de economedia.com. <https://economipedia.com/definiciones/producto-interior-bruto-pib.html>

Otra de las diferencias que se presentan entre las naciones que han alcanzado mayores logros en innovación y desarrollo y las que aún no, radica en la forma en que el financiamiento para las actividades de I+D se integra y se ejerce. En los países de América Latina la mayoría de los recursos otorgados para el financiamiento de actividades I+D proviene del estado, y la mayor parte de estos recursos es destinado al sector académico, a diferencia de los países desarrollados donde son las empresas privadas las principales entidades que financian y ejecutan este recurso. Como puede verse en la Gráfica 2, en países como China la participación de las empresas en el financiamiento es casi del 80%, mientras que en los EE. UU., la Unión Europea y los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) este indicador supera el 60%. En los países de América Latina se presenta prácticamente un escenario invertido, donde las empresas proveen alrededor del 35% del financiamiento, dejando que la aportación del Estado sea de poco más del 60%.

Gráfica 2. Fuente del financiamiento de I+D (CEPAL, 2022)

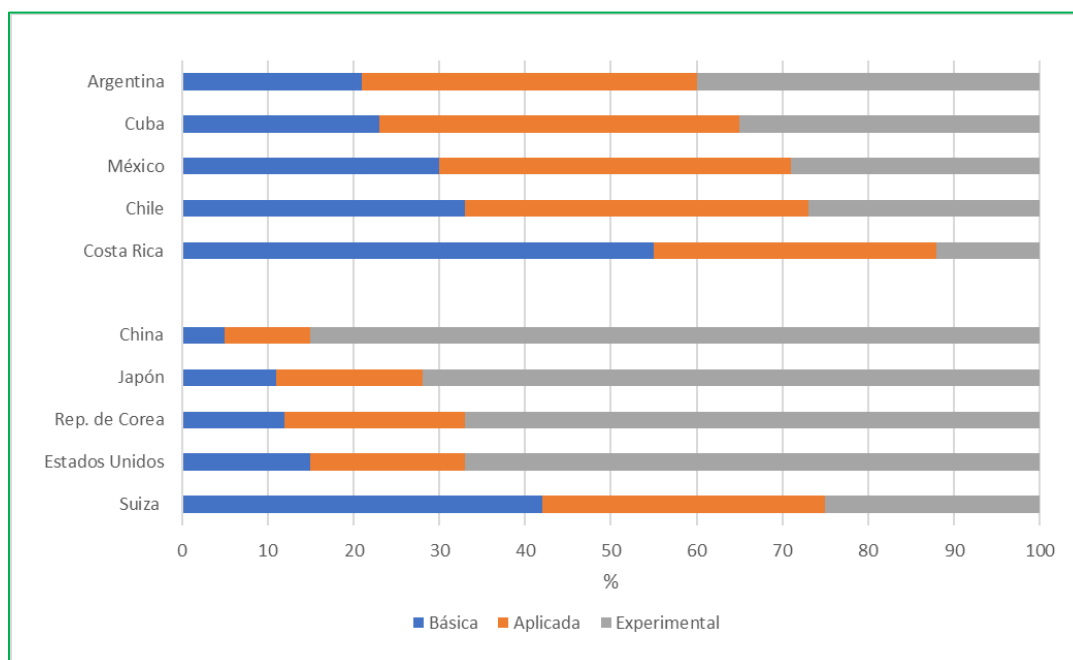


Otra característica que presentan los países de AL radica en el tipo de investigación al que se enfoca el financiamiento otorgado, destinado principalmente a la investigación básica, mientras que en los países con más desarrollo el gasto se enfoca en actividades de experimentación.

Como puede verse en la Gráfica 3, en México se destina menos del 30% del presupuesto total para investigación experimental, mientras que en países como Japón, Corea o EE. UU. este porcentaje ronda el 70%. La investigación básica es aquella que se lleva a cabo sin fines prácticos inmediatos, sino con el propósito de incrementar el conocimiento de los principios fundamentales de la naturaleza o de la realidad. Por otro lado, la investigación aplicada se enfoca en el uso de conocimientos científicos para la solución de retos o problemáticas específicas, mediante la implementación o diseño de soluciones innovadoras con base tecnológica. A su vez, la investigación experimental consiste en la implementación y prueba de las soluciones teóricas desarrolladas en la investigación aplicada⁷.

⁷ Ver definición en: <https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/Investigacion-basica-y-aplicada#:~:text=De%20este%20modo%2C%20la%20Investigaci%C3%B3n,que%20impacten%20a%20la%20sociedad>

Gráfica 3. Gasto en I+D por tipo de investigación (CEPAL, 2021)



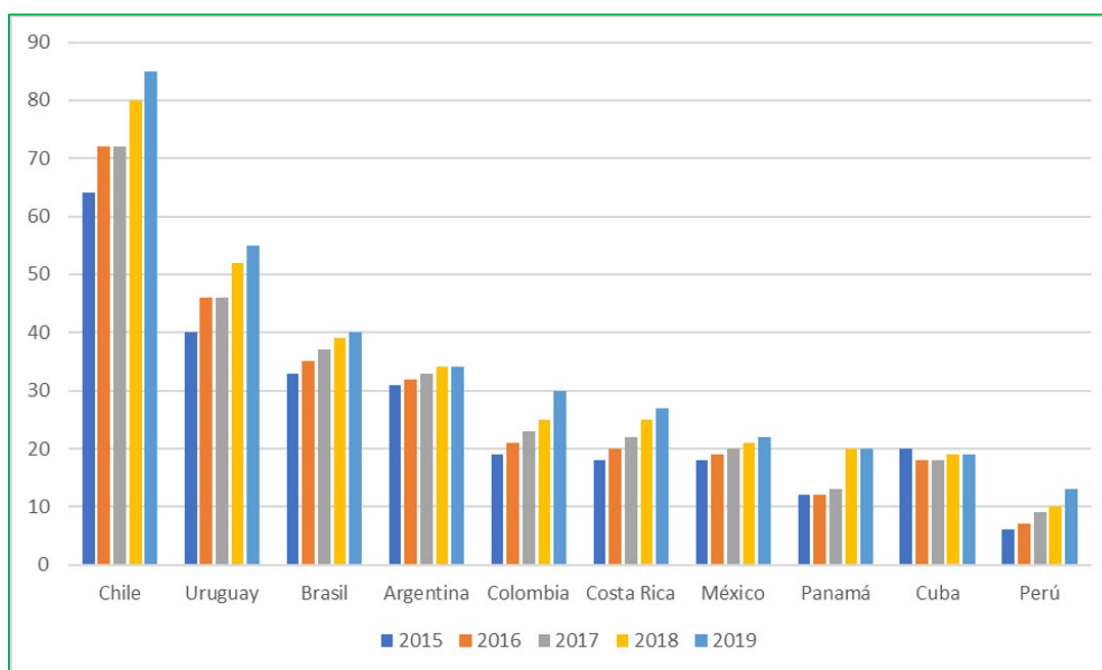
Publicaciones y patentes

Una vez que se ha llevado a cabo la labor de investigación y análisis, el investigador o equipo de investigadores proceden a la publicación del trabajo realizado con el propósito de dar a conocer los resultados obtenidos a la comunidad científica; eventualmente, estos resultados son los que pudieran llevar al autor o autores de las investigaciones a solicitar una patente que proteja sus descubrimientos o desarrollos.

En América Latina, de acuerdo con la Red Iberoamericana e Interamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), el 63% de los investigadores de la región se localizan en el ámbito universitario, el 11.1% en el sector público y el 25.1% en las empresas, tanto públicas como privadas.

En relación con las publicaciones científicas, en los últimos años se ha alcanzado un promedio aproximado de 20 publicaciones por cada 100,000 habitantes en México, mientras que en el caso de Chile este mismo indicador ronda las 70 publicaciones. Gráfica 4.

Durante la última década ha habido un incremento significativo en el registro de patentes en el mundo, con un aumento de 64% al comparar las solicitudes de patentes entre 2010 y 2020. Sin embargo, los países de América Latina y el Caribe no han seguido la misma tendencia.

Gráfica 4. Publicaciones en Scopus⁸ por cada 100 mil habitantes (CEPAL, 2021s)

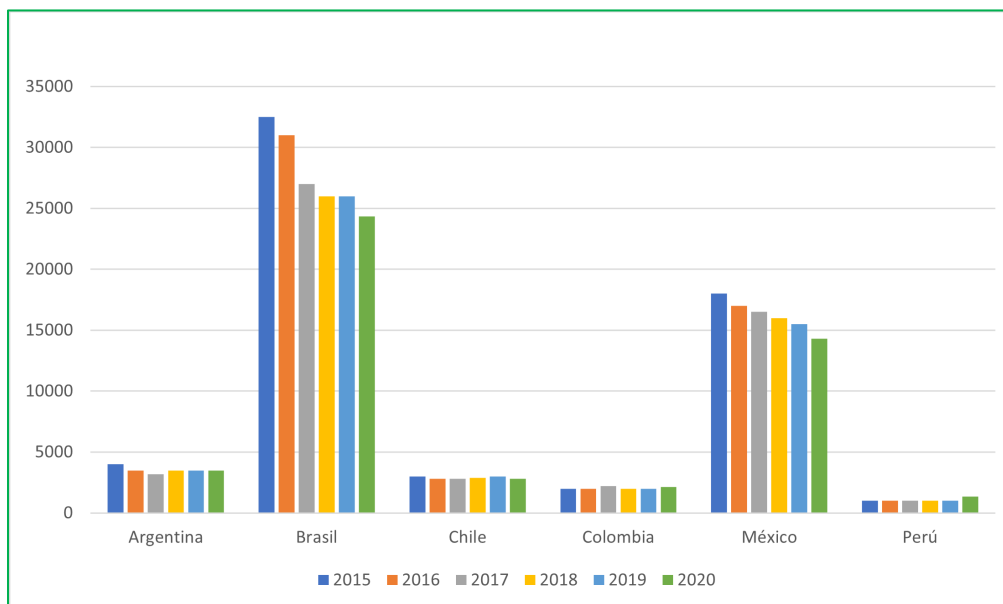
La región redujo su nivel de patentamiento y, por tanto, su participación en el total de solicitudes de patentes en el mundo, de un 2.8% en 2010 a 1.6% en 2020. A nivel mundial, la región geográfica que concentra la mayor cantidad de solicitudes de patentes es Asia, con el 66.6% del total y un aumento de 15 puntos porcentuales desde el 2010.

Las oficinas de patentes de Brasil y México se encuentran entre las 20 más importantes del mundo en cuanto al número de patentes solicitadas y patentes otorgadas. En 2020, Brasil recibió 24,338 solicitudes de patentes y México 14,312, con lo que los dos países concentran 74% de las solicitudes de patentes en la región. Sin embargo, ambos muestran una baja en el registro de patentes en los últimos años, lo que explica la reducción del promedio de las solicitudes de patentes en la región. Por otra parte, un rasgo que distingue a América Latina y el Caribe de los países más desarrollados y de algunos países emergentes como China, es que las solicitudes y aprobaciones de patentes se concentran en los no residentes (investigadores que desarrollaron trabajo de investigación en un país diferente al país donde solicitan la patente). Esto puede llevar a que los potenciales beneficios de los resultados obtenidos y que se derivan de la patente, se materialicen en el país donde la investigación se llevó a cabo. En 2020, las solicitudes tramitadas en Europa por residentes representaron el 57.8% y en Asia el 82.9%. En cambio, en América Latina y el Caribe sólo el 16.3% de las solicitudes provinieron de residentes, si bien ello constituye un repunte en relación con el 11.7% de 2010. En el

⁸ Scopus es una base de datos de referencias bibliográficas y citas de la empresa Elsevier, de literatura *peer review* y contenido web de calidad, con herramientas para el seguimiento análisis y visualización de la investigación. <https://www.scopus.com/home.uri>

caso de Brasil, el 78.3% de las solicitudes en 2020 fueron de no residentes y en México, el 92%. En ambos casos, los EE. UU. son el principal país de origen de los solicitantes, pues representan el 29.2% de las solicitudes realizadas en el Brasil y el 43.4% de las realizadas en México.

Gráfica 5. Patentes solicitadas (CEPAL, 2021)



Políticas de ciencia, tecnología e innovación

Para el caso de los países de América Latina, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) reporta avances en relación con las iniciativas institucionales de la administración pública para apoyo a la ciencia, la tecnología y la innovación en los años recientes. En 13 de los 21 países analizados por la CEPAL existe un ministerio, un organismo con rango ministerial o un órgano adscrito al Poder Ejecutivo que está a cargo de las políticas de ciencia, tecnología e innovación. El análisis de la institucionalidad de ciencia, tecnología e innovación muestra algunas características comunes, que se describen a continuación.

Los presupuestos de ciencia y tecnología

Cualquier diseño institucional requiere para su implementación de un mínimo de recursos que lo hagan eficaz. A pesar del aumento del estatus institucional de la ciencia, la tecnología y la innovación en la región, en varios países se observa que estas acciones no han ido de la mano de incrementos presupuestarios y en algunos casos incluso se han registrado disminuciones.

Las razones pueden ser múltiples, pero una hipótesis viable se basa en un panorama fiscal caracterizado por el estancamiento de los ingresos. Esta situación, sumada a la expansión del gasto para responder a demandas sociales y recientemente para hacer frente a la pandemia de COVID-19,

habría socavado la disponibilidad de recursos para los presupuestos asignados a la ciencia y la tecnología.

Discontinuidades ocasionadas por los ciclos políticos

Es común observar modificaciones importantes en las prioridades y en la orientación de las políticas como consecuencia de los cambios administrativos de los nuevos gobiernos. De hecho, los cambios radicales introducidos por cada nuevo gobierno crean incertidumbre para los actores del sector privado, lo que socava la confianza de los inversores (UNESCO, 2021). Esta incapacidad o falta de disposición para mantener ciertas políticas a lo largo del tiempo refuerza la tendencia cortoplacista de las empresas de la región para invertir en actividades I+D+i.

Políticas implícitas y explícitas

Cuando se habla de políticas públicas en el ámbito de la ciencia, la tecnología y la innovación en la región no siempre se trata de políticas explícitas que estén establecidas en un documento formal. Muchas veces se trata de un conjunto de medidas de diferente índole que han sido adoptadas por los gobiernos. Algunas de estas medidas están relacionadas con el ordenamiento institucional, en tanto otras están vinculadas con las modalidades de financiamiento de la ciencia, la tecnología y la innovación u otros instrumentos de apoyo implementados. En su conjunto, implícitamente, esas medidas diversas son consideradas como las políticas de este sector. En muchas ocasiones es necesario revisar los instrumentos públicos que se aplican en este ámbito para poder inferir cuáles son las políticas vigentes.

Asignación de fondos

Los mecanismos o instrumentos más comunes de apoyo a la ciencia, la tecnología y la innovación en la región son la asignación de subsidios por medio de convocatorias y concursos; el apoyo a la formación de recursos humanos se implementa por medio del otorgamiento de becas, generalmente para estudios superiores. Según este modelo, las fuentes más confiables para definir los tipos de proyectos de investigación e innovación a impulsar son los investigadores cuando el proyecto está relacionado con ciencia y tecnología, y otro lado las empresas toman la decisión cuando se trata de innovación.

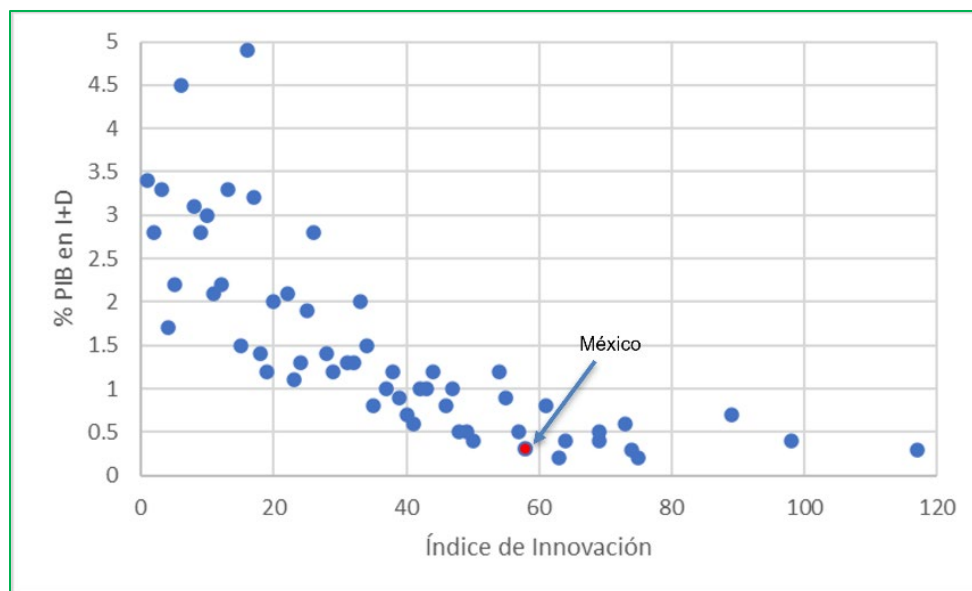
La asignación de fondos se basa en mecanismos de financiamiento otorgados mediante convocatorias o concursos gestionados por agencias públicas. En este mecanismo, el rol de las agencias tiende a circunscribirse a la administración de los proyectos y luego a su seguimiento, fundamentalmente desde el punto de vista financiero. Normalmente no se llevan a cabo mecanismos de evaluación técnica que permitan cuantificar el logro de los objetivos planteados y por ende determinar si el proyecto o investigación ha llegado a su fin, puede continuar o pasar a una fase de experimentación. Una evaluación técnica profunda e integral permitiría que en caso de que se dictaminara que los resultados obtenidos cuentan con el potencial para continuar con la investigación

y/o la habilitación de un proceso de experimentación, el propio mecanismo de asignación de recursos pudiera ofrecer los medios para su continuación, así como el acompañamiento a través de incubadoras de empresas y/o impulsoras de startups.

Innovación

La innovación puede definirse como el proceso que transforma una idea en un producto, servicio, método de organización, proceso de fabricación o de comercialización novedoso en el mercado. En la actualidad, una gran cantidad de estas innovaciones cuentan con una base tecnológica en su desarrollo.⁹ La innovación es el producto derivado de las acciones y actividades de investigación y desarrollo (conocimiento y prototipos) desarrolladas. De este modo, se establece una relación causal entre las acciones de I+D y la innovación, por lo que es de esperarse que aquellas naciones que destinen un mayor porcentaje de su producto interno bruto a las actividades de I+D, estarán en mejores condiciones para desarrollar y obtener resultados producto de la innovación. En la Gráfica 6 se muestra la relación entre el porcentaje del PIB destinado a I+D y el índice de innovación reportado por el *Global Innovation Index 2022* (GII, 2022)¹⁰, donde se muestra que a mayor inversión en I+D, los países están mejor posicionados en el índice GII.

Gráfica 6. Porcentaje del PIB en I+D en relación el índice de Innovación
(elaboración propia con datos de OCDE y de (GII, 2022)).



⁹ Definición similar se puede encontrar en el Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, pg. 56, en https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo_9789264065659-es

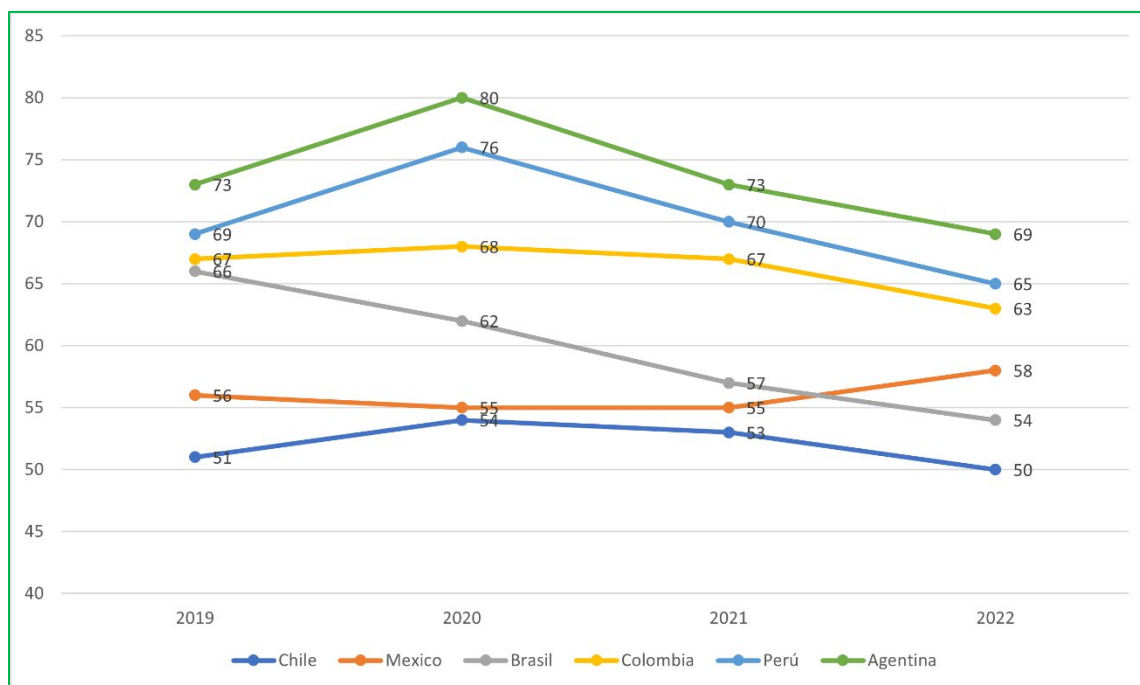
¹⁰ La lista completa de los países se puede revisar en: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-en-main-report-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf>

El Índice de Innovación GII, donde el número 1 corresponde al país que mayor innovación presenta, es publicado anualmente y es un indicador muy útil para dar un seguimiento a los procesos de innovación alrededor del mundo, permitiendo de este modo llevar a cabo análisis comparativos, evaluar las acciones emprendidas e identificar casos de éxito. Este índice está formado por un conjunto de indicadores diferenciados en dos grupos: los que proveen información acerca de los insumos que los países proveen para temas de innovación (básicamente para actividades I+D) y los indicadores que muestran los resultados obtenidos.

Los indicadores de insumos son: Instituciones, Capital Humano e Investigación, Infraestructura, Sofisticación del Mercado y Sofisticación de Negocios. Como productos o salidas de la innovación se definen Productos de conocimiento y tecnología y Productos Creativos (GII, 2022).

En la Gráfica 7 se muestra la evolución del GII para algunos países de AL, que muestra que México ha rondado la posición 51 a nivel mundial desde 2019. Actualmente se encuentra en el nivel 50, en la sexta posición de LA. Chile, con la posición 54, es el líder dentro de los países de la región.

Gráfica 7. Índice de Innovación. AL (Elaboración propia con información de (GII, 2022)).



IV. I+D+i en México

Panorama General

Con un PIB de 1.29 billones USD y una población de casi 130 millones de habitantes, México se posiciona como la segunda economía de LA y la 15ª a nivel mundial. Los sectores clave se identifican en la manufactura (automóviles, aeroespacial y dispositivos médicos), agricultura, energía, telecomunicaciones y servicios financieros, donde los servicios de telecomunicaciones, tecnologías de información y servicios financieros presentan un fuerte crecimiento (*Council Economic*, 2021).

La importancia de las actividades I+D+i en el desarrollo de la economía y la sociedad es un hecho demostrado en economías de países como Corea del Sur, donde se han emprendido acciones encaminadas a resaltar el valor de la educación, invirtiendo en este sector de modo extraordinario¹¹. Esta apuesta fue la que permitió suministrar los ingenieros y trabajadores industriales que necesita la base manufacturera de donde surge la riqueza del país. Un ejemplo de estas acciones es la red de escuelas vocacionales públicas, un proyecto financiado por el gobierno de Corea del Sur, donde los estudiantes se especializan en la fabricación y el mantenimiento de robots; esta red de escuelas vocacionales produce técnicos en varios rubros con programas sugeridos por las grandes empresas del país asiático. Cuando los jóvenes surcoreanos ingresan al bachillerato pueden elegir entre escuelas públicas de orientación académica y escuelas públicas de orientación vocacional; alrededor del 35% de los jóvenes optan por la alternativa vocacional (Opp, 2018). Este aumento del capital humano mediante una gran inversión en educación es uno de los secretos del éxito de la nación asiática. Otro caso de relevancia es el modelo alemán de Formación Dual¹²; de manera similar al modelo de coreano, la estrategia alemana permite a los alumnos adquirir habilidades prácticas en la empresa y paralelamente adquirir conocimientos teóricos en una escuela profesional.

El gobierno alemán ha establecido mecanismos de colaboración para llevar este modelo a naciones interesadas, y ya hay iniciativas para que en México esto se materialice¹³. Este modelo se denominó Modelo Mexicano de Formación Dual (MMFD), y en el 2013 la SEP, la Conferencia Patronal de la República Mexicana (Coparmex) y la Cámara México-Alemana de Comercio e Industria (Camexa) lanzaron un proyecto piloto en ocho carreras en el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (Conalep) y con la participación de alrededor de 100 empresas mexicanas y alemanas. La Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) se sumó al proyecto. De acuerdo con los coordinadores del proyecto, para establecer con bases sólidas un programa con conceptos de este tipo se requieren

¹¹ https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/01/150116_economia_corea_del_sur_razones_desarrollo lf

¹² <https://www.deutschland.de/es/topic/saber/educacion-aprendizaje/modelo-de-exito-formacion-dual>

¹³ <https://www.deutschland.de/en/topic/knowledge/education-learning/well-trained-german-style>

de aproximadamente 10 años. Actualmente hay 1,443 alumnos en México bajo este Modelo Mexicano de Formación Dual¹⁴.

En términos generales, en México se presenta un rezago en relación con los recursos destinados a actividades I+D+i; el impulso y apoyo a estas actividades, reflejado en la inversión y estrategias oficiales, no se ven plasmados claramente en las políticas de desarrollo productivo y social, ni en los presupuestos correspondientes. Otro aspecto relacionado con los recursos asignados a estas actividades es el hecho de que muestran prioridad hacia el desarrollo de ciencia básica, implementada principalmente por universidades y centros de investigación, dejando en un segundo plano lo correspondiente a ciencia aplicada y el desarrollo experimental, donde el principal impulsor es el sector privado.

Aunado a lo anterior, en México se presenta una falta de coordinación entre las acciones y esfuerzos emprendidos en materia de I+D+i por un lado, y por el otro el fortalecimiento de capacidades y la solución de las problemáticas y retos nacionales. De acuerdo con la CEPAL (CEPAL, 2021), algunas de las consecuencias de lo anterior son:

- Proyectos con poco financiamiento, bajo impacto socioeconómico y limitada llegada al mercado
- Dispersión de proyectos, lo que implica una falta de enfoque en áreas con potencial de impacto, encaminadas a la solución de problemáticas actuales
- Priorización de proyectos de corto plazo, muchas veces condicionados por ciclos ajenos al ámbito de la ciencia, que no abordan áreas estratégicas
- Capacidades locales limitadas para abordar desafíos prioritarios

Las actividades I+D+i no pueden verse como un componente aislado de las temáticas de importancia para los gobiernos y la sociedad; los recursos destinados a estas deberían enfocarse en las áreas de conocimiento relacionadas con los principales desafíos que enfrenta el país, tal como sucede en países más avanzados donde se han implementado políticas industriales vinculadas a sistemas nacionales de innovación, lo que ha permitido movilizar capacidades productivas, técnicas y de conocimiento para abordar los desafíos del desarrollo. Es decir, se prioriza el apoyo a la investigación aplicada, que permita avanzar en la solución de temas específicos, sin descuidar el desarrollo de capacidades científicas más generales que permitan ampliar las fronteras del conocimiento.

En resumen, se requiere una completa articulación de gobierno, academia (pública y privada), sector privado y sociedad civil.

¹⁴ <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/alemania-impulsa-modelo-mexicano-de-formacion-dual>

En un mundo en que las economías de escala juegan un papel de relevancia de cara a contribuir a cerrar las brechas tecnológicas, es fundamental impulsar acciones de cooperación bilateral o multilateral para la generación, desarrollo y la consolidación de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación. La puesta en marcha de proyectos regionales es clave para la identificación de áreas de interés para la cooperación en materia de I+D+i.

De acuerdo con la CEPAL (CEPAL, 2021), históricamente México ha destinado menos del 0.5% de su PIB para actividades de I+D. En la actualidad, el promedio que los países de la OCDE destinan a estas actividades alcanza casi el 3%; véase Gráfica 8.

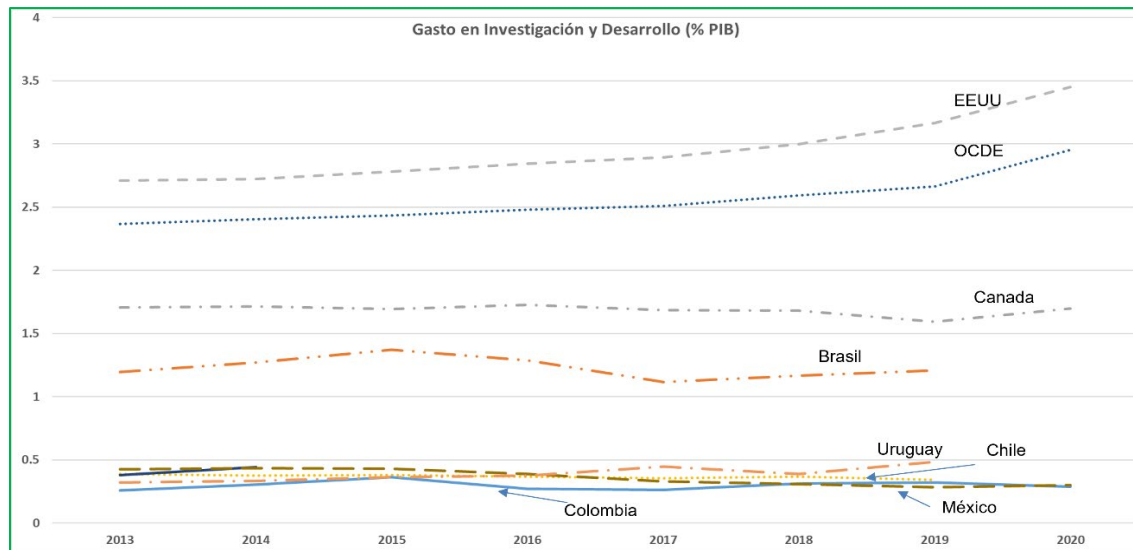
En este sentido, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), México invirtió en 2021 el 0.3% de su PIB en I+D, lo que supone una sexta parte del promedio de la OCDE (2.4%). Los países que más porcentaje del PIB invierten en estos rubros son Corea y Japón, con 4.5% y casi 4% del PIB respectivamente. En relación con la cantidad de investigadores activos, de acuerdo con el Banco Mundial México cuenta con 0.34 investigadores por cada 1000 habitantes; el promedio de investigadores por cada 1000 habitantes en los países de AL es de aproximadamente 1.2. El Banco Mundial también reporta valores de 8.7 y 5.45 investigadores por cada 1000 habitantes para Corea del Sur y Japón, respectivamente.

En el presupuesto presentado por el gobierno federal para el 2023, se tiene considerado un gasto para Ciencia, Tecnología e Innovación un total de 60 mil 232 millones de pesos (mdp), que representan apenas el 0.19 del PIB nacional¹⁵. Como ya se hizo mención, en los países más desarrollados, la mayor contribución a este financiamiento proviene de la iniciativa privada (entre un 60-70%), dejando el resto a las entidades gubernamentales; en México el esquema de financiamiento presenta una estrategia invertida a la descrita.

México es uno de los países con mayor contribución pública al gasto nacional en I+D (un 71%), frente al promedio OCDE del 27% y, en consecuencia, una contribución menor desde el sector privado. Esta es una característica común para la mayoría de los países de AL, como se mostró en Gráfica 2 de la sección previa.

¹⁵ <https://educacion.nexos.com.mx/educacion-superior-y-ciencia-en-el-ppef-2023-otra-oportunidad-perdida/>

Gráfica 8. Porcentaje PIB en I+D (Elaboración propia con información de (CEPAL, 2022))



Educación

En México, un reto relacionado con las actividades I+D+i es el tema de la educación. Uno de los principales problemas del financiamiento educativo actual es que se dispone de pocos recursos para atender aspectos no-salariales. Del gasto educativo federal para 2023, de los 402 mil 277 mdp asignados para la Secretaría de Educación Pública se observa que casi el 90% se destinará a los rubros de servicios personales y transferencias, asignaciones, subsidios y otras ayudas. Del total del presupuesto se tienen considerados mil 398 mdp para el rubro de inversión educativa¹⁶. En la Gráfica 9 se muestra el porcentaje del PIB destinado a educación desde el 2013, así como el asignado recientemente para el 2023.

Gráfica 9. Gasto en Educación en México como porcentaje del PIB (elaboración propia con datos del Banco Mundial y OCDE).



¹⁶ <https://imco.org.mx/recursos-para-la-educacion-en-mexico/#:~:text=En%20materia%20de%20educaci%C3%B3n%20se,que%20fue%20aprobado%20para%202022.>

A mediano y largo plazo, una menor inversión en educación repercute en materia económica. Un análisis del Instituto Mexicano de la Competitividad (Imco) refiere que los alumnos con menos aprendizajes significan futuros trabajadores con menos habilidades, lo que puede reducir sus ingresos en 8% anual durante su vida laboral, lo que equivale a un mes de salario al año por el resto de su vida productiva¹⁷.

La OCDE estima que en los próximos 80 años el rezago educativo le podría costar a México un monto acumulado de hasta 136% del PIB de 2019. Esto implicaría que nuestro país dejaría de producir hasta 1.7% del PIB cada año o un monto similar al gasto total ejercido por la Secretaría de Educación Pública en 2019, advierte el Imco.

Centros de investigación

La emergencia sanitaria vivida recientemente en el país y en el resto del mundo por el Covid-19, vino a evidenciar la importancia que tienen los centros de investigación para el desarrollo de la ciencia en cada nación del mundo. De acuerdo con diversas fuentes, México cuenta con el talento y capital humano en el campo de la investigación para el desarrollo de ciencia en beneficio de la población. Sin embargo, también existe el consenso de que la falta de financiamiento y apoyos limitan que ésta se realice de manera eficiente¹⁸.

En México existe un gran número de centros de investigación en salud y otros que desarrollan investigación básica con aplicaciones a la salud humana y animal. Tan solo el IMSS cuenta con 42 centros y unidades de investigación; por su parte el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) cuenta con siete centros. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) tiene registrados 26 centros públicos de investigación, de los cuales 8 están dedicados al estudio del medio ambiente, salud y alimentación. Alrededor de 15 centros e institutos de investigación en áreas de ciencias biológicas y de la salud, pertenecen al Instituto Politécnico Nacional (IPN) y a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Similar al sector salud, existe una gran cantidad de centros de investigación y desarrollo en México, en las más diversas áreas. De manera particular para el sector de las TIC y de acuerdo con el Conacyt¹⁹

¹⁷ <https://imco.org.mx/el-rezago-educativo-pone-en-riesgo-a-una-generacion-de-estudiantes/#:~:text=A%20nivel%20individual%2C%20los%20trabajadores,resto%20de%20su%20vida%20productiva.>

¹⁸ Ver: MÉXICO DESTINA POCO PRESUPUESTO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA <https://historico.upress.upaep.mx/index.php/noticias/nota-del-dia/7641-mexico-destina-poco-presupuesto-para-el-desarrollo-de-la-ciencia#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20Instituto,destinan%20a%20investigaci%C3%B3n%20y%20desarrollo.>

¹⁹ Véase: *Directorio de Centros de Investigación. Conacyt. Disponible en:* <https://www.sicyt.qob.mx/index.php/instituciones/directorio-centros-publicos>

se cuenta con más de 100 Centros de Estudios y de Investigación Públicos Nacionales. La mayoría de estos (80) pertenecen a la UNAM y el IPN. Dentro de esta relación se encuentra listado el Instituto Federal de Telecomunicaciones. De la totalidad de estos centros, 20 se enfocan en TIC o ciencias aplicadas. En lo que respecta a los Centros de Investigación Privados el mismo Conacyt contabiliza aproximadamente 550, definidos en su mayoría de manera general como Servicios de Investigación Científica y Desarrollo en Ciencias Naturales y Exactas, Ingeniería y Ciencias de la Vida. En los reportes de estos Centros se informa de proyectos de vinculación con algunos sectores industriales, y aunque el número de estas vinculaciones pudiera parecer poco significativo, deja claro que estas colaboraciones son posibles, y que la implementación de un plan nacional que impulse estas acciones podría permitir que estas colaboraciones se multiplicaran.

I+D+i en TIC

En el sector privado y de manera específica dentro del sector de las telecomunicaciones hay algunas iniciativas que desarrollan proyectos de I+D+i, principalmente en ciencia aplicada. Por ejemplo, AT&T, en colaboración con empresas tecnológicas como Nokia, desarrolló un laboratorio 5G con el fin de dar soporte al desarrollo del ecosistema de 5G en México. Este Laboratorio de Innovación 5G representa un espacio para emprendedores, desarrolladores y usuarios para llevar a cabo experimentación y pruebas a retos y problemáticas relacionadas con el uso y casos de aplicación de las redes 5G. El objetivo del Laboratorio es promover y mostrar el ecosistema de empresas que están trabajando en tecnologías compatibles con 5G como inteligencia artificial, realidad aumentada, ciencia de datos Internet de las cosas (IoT).

Dentro de las acciones emprendidas por AT&T México para impulsar el desarrollo de innovación haciendo uso de 5G por medio de su laboratorio, se puso en marcha el Fondo AT&T 5G en alianza con Endeavor, organización no gubernamental que lidera el movimiento de emprendimiento de alto impacto a nivel global, promoviendo la transformación económica, social y cultural²⁰. El Fondo AT&T 5G cuenta con un fondo de contrapartida (*matching fund*) de hasta USD \$100,000.00. De acuerdo con la convocatoria emitida por AT&T, este monto deberá ser equiparable en especie por parte de las instituciones, centros de investigación o empresas seleccionadas. Con esta iniciativa, la compañía convoca a empresas, universidades y centros de investigación a postular proyectos relacionados con casos de uso de 5G. Así mismo, con el objeto de contribuir al éxito de las propuestas a desarrollarse, se ha integrado un equipo de asesores formado por personal experto de la misma compañía, así como del Laboratorio de Emprendimiento y Transformación de la Escuela de Gobierno y Transformación Pública del Tecnológico de Monterrey y Endeavor, sobre modelos de negocio, redes 5G y tecnologías relacionadas.

²⁰ https://www.lacapital.com.mx/noticia/93045-AT_T_Mexico_impulsa_casos_de_uso_de_tecnologias_5G

Por su parte, Nokia cuenta también con un Laboratorio de pruebas 5G en la Ciudad de Guadalajara²¹ para dar soporte a las pruebas de uso de nuevos casos y aplicaciones. Este laboratorio inició operaciones en el 2017 llevando a cabo pruebas para redes 3G, 4G y 5G. Algunas de las pruebas realizadas incluyen pruebas mecánicas, análisis de datos, consumo energético, entre otras más.

En el caso de América Móvil, la Fundación Carlos Slim cuenta con un Centro de Innovación y Desarrollo donde se han llevado una gran cantidad de proyectos de ciencia aplicada, así como iniciativas para el uso de las TIC en muchos sectores. En su reporte anual²², la Fundación reporta en el rubro de educación la atención de más de 20.5 millones de estudiantes a través de iniciativas en línea como *aprende.org*, *PruebaT*, *Khan Academy* en español, *Académica* y *MIT Open CourseWare*, complementadas con educación presencial para la impartición de más de 13,000 cursos, otorgando casi 9 mil certificaciones en temas de TIC. En aplicaciones de TIC en Salud²³, se destaca el desarrollo de la cartilla electrónica de vacunación para más de 1.5 millones de niños menores de 5 años, así como el desarrollo de aplicaciones (apps) como *CLIKISalud* con más de 10 millones de visitas, que provee información para fomentar la adopción de estilos de vida saludables y de autocuidado. Dentro del mismo sector, existen otras apps relacionadas con el cuidado de la salud, como *Alerta Corazón*, *Latencia Materna*, *Invasores Chatarra*, entre algunas otras. Dentro de los reconocimientos recibidos más destacados, se encuentra el que recibió América Móvil de parte de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) por el desarrollo e implementación, junto con la Fundación Carlos Slim, de dos aplicaciones para el monitoreo, prevención, seguimiento y cuidado de la población durante la pandemia de COVID-19. Similarmente, recibieron el Premio WSIS (por sus siglas en inglés) otorgado en la categoría de e-Salud a la aplicación *Monitor FCS*, que ha permitido cuidar y monitorear la salud de los colaboradores de América Móvil, Grupo Carso, Fundación Carlos Slim y otras empresas, al igual que de sus familiares.

La Fundación Telefónica²⁴ a través de su iniciativa *Comprometidos con la Educación* surgida en 2016, ha lanzado un programa de educación digital que promueve la transformación y la innovación educativa, así como el impulso de las competencias digitales en materia docente.

Por su parte, la empresa tecnológica Meta anunció que apoyará las Escuelas de Código Pilares²⁵, el programa educativo encabezado por el Gobierno de la Ciudad de México que busca proporcionar capacitación en temas de programación y manejo de bases de datos²⁶. A través de la plataforma

²¹ <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2021/11/22/nokia-upgrades-guadalajara-5g-lab-to-test-new-use-cases/>

²² <https://fundacioncarlosslim.org/en-cifras/>

²³ <https://fundacioncarlosslim.org/resumen-de-resultados/>

²⁴ <https://www.fundaciontelefonica.com.mx/videos/>

²⁵ <https://gobierno.cdmx.gob.mx/noticias/aprende-programacion-en-las-escuelas-de-codigo/>

²⁶ <https://adip.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/el-gobierno-de-la-ciudad-de-mexico-y-meta-formaran-las-nuevas-generaciones-de-desarrolladores-mexicanos>

educativa Platzi, se han ofrecido certificaciones en los lenguajes de programación Java y Python, ampliamente usados para el desarrollo de aplicaciones móviles y la automatización de operaciones usando inteligencia artificial. Meta ofrecerá también cursos y certificaciones en Spark AR, plataforma para crear contenido de realidad aumentada. Los cursos se imparten en 140 Puntos de Innovación, Libertad, Arte, Educación y Saberes (PILARES) y están abiertos al público en general. En su primera generación, 2,789 personas tomaron los cursos de programación en Java o Python.

Por su parte, Microsoft lanzó un proyecto a nivel mundial que incluye a México, por medio de la iniciativa *Airband*, que busca incrementar la cobertura de internet, sobre todo en zonas rurales y de difícil acceso. Para esto, Microsoft incorporará a la iniciativa a la empresa satelital Viasat.

Microsoft también cuenta con un programa de apoyo a emprendedores denominado *Microsoft for Startups*²⁷. El apoyo y recursos ofertado por este tipo de programas, es aprovechado por iniciativas y programas de emprendedores. En México, bajo el nombre de Alianza START, Microsoft, Startup México y SYNEX *Westcon* han dado a conocer una iniciativa para apoyar el desarrollo de emprendimientos digitales, proporcionándoles recursos de asesoría, incubación, capacitación y habilitación a través del acompañamiento de expertos y el despliegue de soluciones en la nube que ayuden a estos proyectos a integrarse, posicionarse y crecer en el mercado de una forma ágil y competitiva. Estrategias similares se llevan a cabo en países como Chile²⁸ y Colombia.

Innovación, emprendimiento y startups.

Como ya se ha mencionado, y en coincidencia con el Índice de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), (OMPI, 2022) que muestra la situación de la innovación en los países del mundo, México descendió prácticamente en todos los indicadores que componen este índice, cayendo al lugar 58, por debajo de países como Chile y Brasil.

Bajo las condiciones actuales y con la desaparición de instituciones como el INADEM (Instituto Nacional del Emprendedor), enfocadas en la promoción de la inversión para nuevos emprendimientos, los capitales de riesgos están tomando un rol de mayor relevancia en el proceso de financiamiento para startups. La mayoría de estos fondos se concentran en la Ciudad de México, seguido por el estado de Jalisco (Guadalajara) y Nuevo León (Monterrey). Estos fondos se concentran en desarrollos basados en bienes y servicios no esenciales y en el sector financiero, con un mayor enfoque en empresas financieras tecnológicas (Fintech). Como ejemplos de emprendimientos exitosos se puede citar a Cornershop, Clip, Kavak, Konfío y Justo.

²⁷ <https://www.microsoft.com/en-us/startups?rtc=1>

²⁸ <https://news.microsoft.com/es-xl/microsoft-presento-sus-iniciativas-para-startups-en-el-marco-de-etm-day-santiago-2022/>

En la actualidad, se están desarrollando nuevos clústeres de innovación en varias ciudades de la República Mexicana, con la participación y soporte de gobiernos estatales, municipales, universidades y socios de la iniciativa privada. De acuerdo con el informe *Southern Connection*, publicado por el *Bay Area Council Economic Institute*, (Southern Conn, 2021), se identifican 8 clústeres de innovación en nuestro país, que pretenden impulsar acciones I+D+i como una herramienta para avanzar en la solución de problemáticas actuales, enfrentar los retos y aprovechar las oportunidades que cada una de las regiones presenta. En el Cuadro 1 se enlistan los clústeres mencionados, indicando la zona geográfica donde se concentran, las principales áreas o sectores que abordan, así como las principales entidades que participan en estas iniciativas.

Cuadro 1. Clústeres de Innovación en México.

(Elaboración propia con información de *Bay Area Council Economic Institute*)(Southern Conn, 2021)

Estado (ciudades)	Características	Participantes	Sector
Baja California (Tijuana, Mexicali, Ensenada)	Frontera con San Diego EEUU. 90,000 personas por día cruzan la frontera. En 2019 hubo casi 17 millones de cruces fronterizos (vehículos y personas)	UNAM), Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Centro de Educación Técnica Superior (CETYS), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Centro de Nanociencias y Nanotecnología (CNyN). 101 parques industriales.	Manufactura aeroespacial, dispositivos médicos, biotecnología, automóviles y equipo electrónico
Chihuahua (Ciudad Juárez)	Iniciativas estatales para emprendedores. Facilidades para que Hubs Tecnológicos ocupen más de 5000 m ² (100 empresas actualmente). Mas del 5% de la inversión directa proviene del extranjero	329 empresas maquiladoras (300,000 empleados). 70 empresas entre las 500 más importantes del mundo (Reporte Fortune 500), Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez (ITCJ), Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ), Centro para la Innovación e Integración de Tecnologías Avanzadas (CIITA), Centro de Inteligencia Artificial (IA), Centro para la investigación de Ciencia Tecnología Aplicada)	Centro de Manufactura, transporte, equipos de cómputo, equipo eléctrico, industria de subensamble de equipos
Nuevo León (Monterrey)	El estado genera más del 8% del PIB nacional (INEGI), Monterrey es la ciudad con mayor PIB en México y segundo en LA. Gran cantidad de empresas multinacionales. Frontera con Texas.	Gran cantidad de empresas multinacionales (headquarters). Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología, Parque de Innovación e Investigación Tecnológica (PIIT), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Universidad de	Presenta la mayor productividad manufacturera, inteligencia de negocios, fábricas inteligentes, Ecosistema de Startups. Más de 400 compañías de ITC dedicadas al desarrollo de software, ecommerce, Fintech y aplicaciones móviles

	<p>Economía moviéndose a la producción de valor agregado, impulsando innovación y emprendimiento. Estrategia Nacional Nuevo León 4.0 (estrategia para la adopción de nuevas tecnologías IoT, M2M, IA, Tecnología 3D, Manufactura Inteligente. Iniciativa Monterrey Digital Hub (enlace grades compañías-startups), Conferencia Nacional sobre Startups (INCmty)</p>	<p>Monterrey (UDEM), Universidad Metropolitana de Monterrey (UMM). Mas del 50% de estudiantes graduados en áreas de ciencia, tecnología e ingeniería. Softek (empresa privada tecnológica más gran en LA)</p>	
<p>Ciudad de México</p>	<p>La ciudad de México es el principal núcleo comercial del país, y es sede de las principales empresas del estado. ADIP (Agencia Digital para la Innovación Pública)</p>	<p>Universidad Autónoma de México (UNAM), Universidad Panamericana (UP), Escuela de Posgrado sobre Negocios (IPADE), Universidad Iberoamericana (IBERO), Universidad Anáhuac, Tec de Monterrey, Instituto Autónomo de México (ITAM). Todas las escuelas cuentan con programa de startups y emprendimiento. El capital de riesgo para inversión está aumentando (la CDMX capta el 80%). Sede de Endeavor México, <i>Google's Launchpad Accelerator Mexico</i>, y sede de <i>Latin American headquarters de San Francisco's 500 Startups</i>. Sede también de startup Clip, Konfio y Kavak.</p>	<p>Negocios y sede de las principales universidades nacionales. Sede de oficinas centrales de 12 de las 15 más grandes compañías en el país</p>
<p>Jalisco (Guadalajara)</p>	<p>Guadalajara es el corazón de la economía digital de México. Es el estado con la 4ª más grande economía del país. Estado líder en compañías de innovación, solicitudes y registros de marcas y patentes</p>	<p>Universidad de Guadalajara (UdG), Tec de Monterrey, Instituto de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG). Convenios con Intel, IBM, Oracle. Sede del 40% de las empresas de TI en México, Empresas globales de tecnología: Flex, Foxconn, Sanmina, AstraZeneca, Tata, NXP Semiconductors, HP. Intel cuenta con un Centro de</p>	<p>Desarrollo y servicio de software, outsourcing de procesos de negocios (BPO), Más de 1000 empresas de tecnología operando en el estado, Actividades de Investigación y desarrollo. Impulso y desarrollo de startups (Startup GDL y Talent Land, eventos anuales de emprendimiento,</p>

		Diseño Guadalajara, el más grande en LA. Esquemas de cooperación entre Universidades, gobierno y empresas de negocios: Instituto de Tecnologías de Información de Jalisco (IJALTI, Agencia Estatal de Ciencia y Tecnología, Consejo Jalisco 4.0, iniciativa para fortalecer la contribución de la educación superior a la innovación tecnológica. Colaboración con empresas de Silicon Valley,	negocios y desarrollo de talento)
El Bajío (Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro) y Yucatán	Estrategias y programas estatales de promoción para el establecimiento de empresas. Inversiones extranjeras recientes.	Participación de universidades y centros de investigación públicos. En Yucatán se presentan oportunidades en el sector turístico y de agronegocios. Cuenta con recursos STEM provenientes de universidades como la Anáhuac Mayab y la Universidad Politécnica de Yucatán. Es la sede empresas de Tecnologías de Información como <i>4th Source</i> y <i>Plenumsoft</i> . Cuenta con el Parque Tecnológico y de Innovación tecniA, que promueve la vinculación de académicos con empresas, y organismos del sector público.	Manufactura, sectores automotriz y aeroespacial. Crecimiento del sector TI

Adicionalmente a los clústeres descritos, en el país se identifica una gran cantidad de Parques Tecnológicos que pretenden impulsar las actividades I+D+i, mediante la colaboración entre académicos, investigadores, así como con los sectores públicos y privados. Entre estos, el Tecnológico de Monterrey cuenta con una red de 11 parques en operación, que ha permitido el desarrollo de 200 startups. En lo que respecta a Centros de Investigación, el Conacyt reporta la existencia de 26 Centros de Investigación²⁹ a lo largo del país. Uno de los parques más importantes en operación es el PIIT³⁰, del Gobierno de Nuevo León, que cuenta con 38 centros de investigación y 2 incubadoras de empresas, involucrando a más de 3000 científicos. En lo que respecta al tema de emprendimiento, existen una gran cantidad de esfuerzos y estrategias en nuestro país; dentro de

²⁹ <https://conacyt.mx/cpi/>

³⁰ <https://www.nl.gob.mx/campanas/parque-de-investigacion-e-innovacion-tecnologica-piit>

estas, se destaca lo reportado por Startup México³¹, que en su portal informa del desarrollo de más de 250 emprendimientos.

³¹ <https://www.startupmexico.com/nuestras-startups>

V. Innovación y Regulación de TIC

Regulación e innovación

La innovación aplicada a la regulación en el marco de la 5ª generación de comunicaciones móviles, las redes de nueva generación y las tecnologías involucradas es un elemento fundamental para impulsar la transformación digital. De acuerdo con la ITU, son 5 las principales características innovadoras que la regulación debe considerar (ITU News, 2020):

- **Colaborativa e intersectorial.** La regulación debe considerar a todos los sectores y actores del ecosistema digital, incluyendo colaboraciones entre países, reguladores de sectores diversos, iniciativa privada, así como con organismos internacionales.
- **Ligera y ágil.** La innovación es una constante que está generando cambios y evolución en las TIC, generando nuevos retos para las entidades reguladoras. Estos retos pueden provenir de diferentes sectores y pueden ser de la más diversa índole, desde la protección de datos personales y la privacidad de los usuarios, hasta la implicación de la inteligencia artificial.
- **Inclusiva.** La multiplicidad de actores presentes en el ecosistema digital, y el impacto transversal de las TIC, plantea la necesidad de trabajar de manera conjunta para desarrollar e implementar estrategias ganar-ganar, que beneficie al usuario final.
- **Flexible.** Las TIC se han posicionado como herramientas fundamentales para todos los sectores económicos de la sociedad; esto ha ocasionado el surgimiento de nuevos jugadores en diferentes sectores, donde cada uno puede contar con retos regulatorios particulares.
- **Iterativa.** Una regulación iterativa es aquella que se alimenta de manera constante de las condiciones y necesidades de las entidades reguladas y de los usuarios, para procesarlas y ofrecer nuevas condiciones de regulación.

La innovación está impulsando un incremento en la oferta y demanda de aplicaciones de TIC en todos los sectores de la sociedad, promoviendo el desarrollo de nuevos modelos de negocio, cambios en la dinámica de competencia en los mercados y nuevos retos en la comunicación en banda ancha. La innovación también está impulsando el incremento de jugadores no tradicionales que están causando efectos disruptivos en los mercados (plataformas de servicios, creadores de contenido, proveedores de servicios en la nube, etc.). Adicionalmente, el desarrollo de la innovación permite prospectar cambios en las redes de telecomunicaciones del futuro, migrando hacia esquemas de virtualización y apertura, integración de servicios en la nube a las redes, así como el uso de sistemas basados en inteligencia artificial.

En este contexto, y con la convergencia de diversos sectores, se presentan nuevos retos y oportunidades para los reguladores, que deberán adaptar sus marcos regulatorios a las nuevas

condiciones, que favorezcan el desarrollo y surgimiento de startups innovadoras, así como de nuevas tecnologías como 5G, inteligencia artificial, *blockchain*, *IoT*, *cloud computing*, entre otras.

De acuerdo con la OCDE (OCDE Comm, 2022), para hacer frente al escenario descrito los reguladores deberán desarrollar permanentemente estrategias de fortalecimiento institucional, actuando en tres dimensiones clave:

- Fortalecimiento de su capacidad por medio del **desarrollo de nuevas habilidades** y el impulso del uso de herramientas digitales.
- Hacer uso de una **aproximación *data-driven*** para dar soporte a su actividad regulatoria y de supervisión.
- Avanzar en el **fortalecimiento de la colaboración** con otras entidades.

Nuevas habilidades y uso de herramientas digitales

Los reguladores deberán implementar esquemas permanentes que impulsen el desarrollo y crecimiento de su personal por medio del fortalecimiento de habilidades, conocimiento y capacidades que les permita estar actualizado respecto a los avances tecnológicos y la evolución de los mercados. Uno de los enfoques clave deberán ser las habilidades digitales y la gestión de datos. Los reguladores deberán fortalecer su fuerza de trabajo con capacidades en ciencia, arquitectura y análisis de datos (inteligencia artificial, *big data*), ciberseguridad, desarrollo de centros de datos y computación en la nube.

Adicionalmente, se debe contar con la capacidad para identificar y prospectar el desarrollo tecnológico y la consecuente evolución del mercado, que permita identificar y delinear objetivos a corto, mediano y largo plazo, relacionados con el impacto de las nuevas tecnologías en los servicios de telecomunicaciones y de la competencia en los mercados. Este análisis prospectivo contemplaría el impacto de las tecnologías de información en sectores diversos, como energía, educación, salud, transporte, etc., identificando los posibles escenarios de colaboración con entidades regulatorias de los sectores involucrados. Organizacionalmente, en el mundo algunos reguladores han llevado a cabo iniciativas al respecto. La Comisión de la Regulación de la Energía (CRE) de Francia creó un comité en 2017, para que de manera conjunta con las principales industrias de energía analizarán y determinaran las implicaciones de la transición energética y de la revolución digital. Este comité incluye cerca de 200 expertos de sectores de la industria de energía, academia, asociaciones de consumidores, miembros del Parlamento francés, etc. Desde entonces el Comité ha abordado problemáticas específicas a través de diferentes grupos de trabajo³². Dentro de los reportes elaborados en 2021, se incluye uno que aborda el tema de la Medición Inteligente³³, que hace uso de las redes de telecomunicaciones para monitorear el funcionamiento del sistema eléctrico. Dentro del sector de las telecomunicaciones, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) de Colombia, instauró un grupo de trabajo sobre Innovación y Prospectiva Regulatoria y otro de

³² <https://www.eclairerlavenir.fr/english/>

³³ <https://www.eclairerlavenir.fr/wp-content/uploads/2021/09/WG3-Behind-the-smart-meter.pdf>

Inteligencia y Analítica de Datos³⁴, con el objeto de analizar retos relacionados con la innovación. Por su parte, el regulador de Canadá CRTC (Comisión de Radio, Televisión y Telecomunicaciones) ha llevado a cabo acciones encaminadas a la implementación de un sistema de recolección de datos de la industria, creando una división enfocada en la investigación e inteligencia de mercados. En Lituania, el regulador de comunicaciones emprendió una iniciativa denominada *GovTechLab*³⁵, destinada a desarrollar habilidades de innovación en los procesos del sector público, involucrando startups y compañías de innovación para desarrollar soluciones digitales. El gobierno de Canadá, a través de la oficina de Innovación, Ciencia y Desarrollo económico lanzó una Estrategia Cuántica Nacional con el objeto de impulsar el desarrollo de la computación cuántica promoviendo el desarrollo de software y equipos, dotar a Canadá con una red de comunicaciones cuántica segura y promover el uso de sensores operando con esta tecnología.

Regulación data-driven

Una estrategia *data-driven*, consiste en la implementación de mecanismos y estrategias tecnológicas que permitan la recolección masiva de datos, incrementando con esto la capacidad del regulador para llevar a cabo análisis y estudios, dar soporte a las labores de supervisión, inspección y verificación de cumplimiento, así como poner a disposición una mayor cantidad de información para los usuarios y la sociedad (ITU News, 2020). La regulación basada en estrategias *data-driven* tiene como objetivos:

- Fortalecer la capacidad del regulador para la toma de decisiones, relacionada con la supervisión, uso eficiente de los recursos, emisión de lineamientos y cumplimiento de la normatividad.
- Empoderamiento de los usuarios. Poner a disposición del usuario final una mayor cantidad de información. Con esto, los usuarios se encuentran en mejores condiciones para la toma de decisiones de consumo.

Con la información colectada directamente de la operación de las redes y la obtenida por los reportes que las empresas le hacen llegar, el regulador está en mejores condiciones de llevar a cabo análisis haciendo uso de una mayor cantidad y diversidad de información. Con esto, la entidad regulatoria se encuentra en mejores condiciones para detectar potenciales problemas sistémicos, verificar cumplimiento de la normativa, así como identificar oportunidades y retos, avanzando hacia una regulación más reactiva, efectiva y ágil. En esta línea, existen algunas iniciativas alrededor del mundo.

En Costa Rica, la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL), está explorando la instalación de sistemas automáticos de monitoreo de espectro para coleccionar información del uso y condiciones del espectro concesionado, para posteriormente con uso de algoritmos de big data y analítica de datos evaluar la integración y emisión de recomendaciones específicas.

³⁴ <https://www.crcm.gov.co/sites/default/files/webcrc/documents/2022-06/RES-056-Se-modifican-los-Grupos-Internos-de-Trabajo.pdf>

³⁵ <https://govtechlab.lt/>

La posibilidad de contar con una mayor cantidad de información, confiable y oportuna, posibilita al regulador poner a disposición del público en general información actualizada del sector, al tiempo que el regulador mismo fortalece la transparencia, efectividad y responsabilidad en su operación. Acciones de este tipo han sido desarrolladas por los reguladores de telecomunicaciones de Francia y Canadá, entre otros.

Para alcanzar los beneficios que la regulación *data-driven* ofrece, los reguladores necesitan desarrollar su estructura interna de gobernanza de datos, de modo que se garantice la implementación de procedimientos seguros al momento de generar, coleccionar, almacenar, gestionar, compartir y publicar la información. El regulador australiano ACMA (*Australian Communication and Media Authority*) ha emprendido acciones en este sentido.³⁶

El advenimiento de nuevas tecnologías y el desarrollo de aplicaciones y usos innovadores aplicados al sector de las telecomunicaciones y radiodifusión hace necesario el desarrollo de espacios de experimentación, que sirvan como escenarios de prueba para el desarrollo de políticas públicas. En una entrevista, Maryleana Méndez, secretaria de la Asociación Interamericana de Empresas de Telecomunicaciones (ASIET) en 2022, mencionó que *“No se puede desarrollar política pública si no se experimenta primero de qué se trata, siempre se va regulando por el espejo retrovisor porque la tecnología pasó...”*,

En el Simposio Mundial para Reguladores 2021 (GSR 21), se señalaron algunas recomendaciones relacionadas con los espacios de experimentación³⁷. Se estableció que es necesaria la promoción de ecosistemas locales de innovación que permitan el desarrollo de tecnologías y modelos de negocio emergentes. Estos espacios pueden ser promovidos por el regulador, posibilitando la creación de espacios seguros para la innovación y la experimentación digital.

Las nuevas tecnologías impulsarán el desarrollo de diferentes enfoques para mejorar la regulación, aprovechando los datos para focalizar los cambios y/o mejoras, creando un espacio para que los reguladores y la industria experimenten juntos.

Fortalecimiento de la Colaboración

Uno de los elementos clave identificados por la OCDE para lograr una efectiva evolución de las entidades regulatorias es *promover, cuando sea adecuado, la coherencia regulatoria a través de mecanismos de coordinación entre los niveles de gobierno supranacional, nacional y subnacional. Identificar los problemas transversales en materia de regulación en todos los órdenes de gobierno, con el objeto de promover la coherencia entre los enfoques regulatorios y evitar la duplicidad o conflicto de regulaciones* (OCDE, 2012).

Un tema de relevancia es la claridad y competencia legal que los reguladores posean para avanzar en estos esfuerzos de colaboración. Debido a la reconfiguración de los mercados digitales y la

³⁶ <https://www.acma.gov.au/sites/default/files/2022-05/Data%20strategy%20and%20governance%20framework.pdf>

³⁷ <https://www.itu.int/es/mediacentre/Pages/pr05-2021-gsr-new-guidelines-inclusive-connectivity.aspx>

proliferación de plataformas, hay temáticas y situaciones particulares en las que no están claramente definidos los límites de la competencia del regulador, pudiendo ocasionar controversias competenciales y poca claridad ante la opinión pública y los usuarios; en escenarios como este, la colaboración y capacidad de negociación es fundamental.

En el ámbito internacional, se debe impulsar la colaboración para reforzar la interoperabilidad de las leyes, regulaciones y marcos normativos entre los países. En esta línea, la participación en redes internacionales de regulación como *Body of European Regulators for Electronic Communications* (BEREC) en Europa y el Foro Latinoamericano de Entes Reguladores de Telecomunicaciones (Regulatel) en Latinoamérica es fundamental. Así mismo, la colaboración puede incluir el desarrollo de proyectos conjuntos en las áreas o sectores de interés. Para la realización de estos proyectos, el carácter intersectorial puede brindar fortaleza a las propuestas, así como la inclusión de entidades gubernamentales, empresas privadas, los organismos reguladores involucrados, así como organizaciones internacionales que promueven e impulsan el desarrollo por medio de recursos y asesoramiento. Por ejemplo, para el proyecto de los Campus 5G en Chile, se involucraron varias entidades del gobierno, un operador, varias universidades y se contó con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo.

En México se pueden impulsar este tipo proyectos, aprovechando las iniciativas de colaboración entre empresas del sector TIC y organizaciones de diversos sectores. Por ejemplo, en el 2022 el Consejo Nacional Agropecuario y Microsoft México iniciaron conversaciones para impulsar nuevas tecnologías e innovación para potenciar la agroindustria del país³⁸, haciendo uso entre otras cosas de una plataforma de inteligencia artificial que permite llevar a cabo el monitoreo de los campos de siembra, para identificar diferentes condiciones, riesgos y amenazas.

Adicionalmente a las 3 líneas de acción descritas, la innovación ofrece recursos y alternativa para fortalecer a los reguladores. Se mencionan algunas:

Sandbox regulatorio

Una alternativa para promover la innovación y el desarrollo de estrategias *data-driven* en la regulación son los *Sandboxes* regulatorios. Los *Sandboxes* regulatorios son escenarios de prueba para usos y aplicaciones innovadoras durante períodos limitados, bajo la supervisión del regulador y cumpliendo con las condiciones y alcances establecidos de manera conjunta por ambos, innovador y regulador. Estas condiciones pueden incluir los requisitos para participar, sector de interés, indicadores de desempeño, duración, así como la integración de un reporte final conteniendo los resultados técnicos y de gestión obtenidos después del período de prueba que permitan evaluar la viabilidad del modelo y su impacto potencial en el mercado.

³⁸ <https://news.microsoft.com/es-xl/el-consejo-nacional-agropecuario-y-microsoft-mexico-impulsaran-nuevas-tecnologias-e-innovacion-en-el-campo-mexicano/>

Los *Sandboxes* regulatorios buscan promover la innovación y el desarrollo tecnológico, proporcionando a empresas, startups e innovadores espacios de experimentación que permitan evaluar la viabilidad de ideas o proyectos, no obstante que estas ideas o propuestas no cumplan plenamente con la regulación vigente.

La naturaleza y diseño de las fases de experimentación y pruebas que permitan llevar a cabo la evaluación del proyecto se lleva a cabo considerando los intereses y seguridad de los potenciales usuarios. Mediante el monitoreo, verificación y seguimiento del desarrollo del proceso de experimentación y prueba de los proyectos, el regulador está en condiciones de estimar potenciales acciones para delinear, analizar y considerar la realización de adecuaciones a la regulación actual, así como estimar potenciales regulaciones futuras, fortaleciendo con esto la estructura misma del marco regulatorio (DBR, 2019).

La información de campo obtenida en tiempo real mientras la fase de experimentación está en marcha, permite tanto a las empresas innovadoras como a los reguladores crear un escenario dinámico para aprender mientras lo hacen (*learn by doing approach*). Esta es una estrategia que permite a las entidades involucradas contribuir a la integración de un ecosistema regulatorio favorable a la innovación e impulsora del desarrollo tecnológico mediante la creación de espacios de experimentación que permiten evaluar nuevos modelos de negocio de manera controlada y segura para el usuario final.

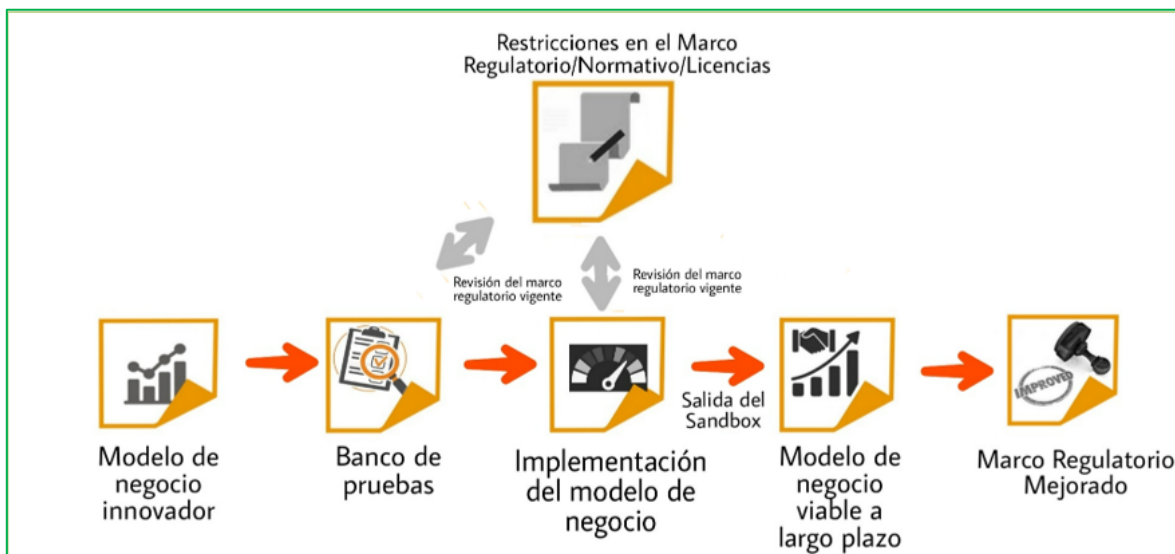
En esta línea, Colombia ya cuenta con una regulación que permite el desarrollo de *Sandboxes* Regulatorios³⁹, que permitirá a los emprendedores explorar modelos de negocio innovadores.

En Chile, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT) y la Subsecretaría de Telecomunicaciones, han desplegado una red de Campus 5G a la cual ya se han adscrito 24 Campus 5G en siete regiones de Chile, que ha permitido la realización de 15 pruebas piloto 5G en industrias como medicina, agroforestal, portuaria, transporte, minería, robótica, entre otros. El regulador chileno gestiona un observatorio de estos Campus 5G donde muestra la localización de los campos mencionados, así como algunos de los resultados de las pruebas piloto llevadas a cabo. Estos escenarios posibilitan al regulador para analizar y evaluar diferentes alternativas para la gestión dinámica del espectro, así como el desarrollo de aplicaciones verticales para la industria 4.0.

El esquema básico de un Sandbox regulatorio se muestra en la Gráfica 10, donde se identifican y detallan las diferentes etapas que integran el modelo general.

³⁹ <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/industria/regulacion-colombia-adoptar-mecanismos-sandbox>

Gráfica 10. Esquema de un Sandbox regulatorio (Elaboración propia con datos de la Comisión de Regulación de Colombia, CRC)⁴⁰



En el esquema general de un Sandbox regulatorio, inicialmente se presenta una etapa de ingreso, donde se detallan las requisitos y condiciones a cumplir por parte del proponente para que su proyecto ingrese al esquema de Sandbox. En esta etapa la empresa describe características, funcionalidades de la idea o modelo innovador, beneficios al usuario, así como la fundamentación y justificación de la base tecnológica del modelo. En esta misma etapa, la entidad que gestiona el Sandbox lleva a cabo un proceso de revisión de la documentación que valida el cumplimiento de los requerimientos para que la propuesta se incorpore al modelo de Sandbox.

La siguiente etapa está formada por el diseño y configuración del banco de pruebas, donde se establecen las condiciones de operación, diseño de pruebas, así como los mecanismos de control y monitoreo acordados de manera conjunta entre la empresa y el regulador. Además de establecer el tiempo de duración de la fase de experimentación, se especifican los indicadores de calidad y rendimiento, con el objeto de evaluar los resultados obtenidos, el impacto sobre el mercado y los usuarios; en esta etapa, el regulador ya puede realizar una primera valoración de la flexibilización regulatoria requerida para la operación del proyecto. Mecanismos de evaluación de los riesgos potenciales a los usuarios deben señalarse también.

A continuación, se establece la etapa de implementación del modelo donde se lleva a cabo la experimentación en campo, de acuerdo con las condiciones establecidas en la etapa previa.

⁴⁰ Véase: Todos en la misma arena. Fases del Sandbox. Disponible en: <https://www.crcm.gov.co/sites/default/files/webcrc/micrositios/documents/Capacitaci%C3%B3n-1-Fases-del-Sandbox-Regulatorio-Todos-en-la-misma-arena-CRC-UNAL.pdf>

De este modo, el proyecto es integrado a un entorno controlado de pruebas, que es diseñado y propuesto por la empresa y aprobado por el regulador. Al final de estas pruebas, la empresa evalúa si los alcances, operación y beneficios del modelo de negocio están dentro de los parámetros esperados y los resultados obtenidos son los estimados. El monitoreo de la operación y valoración de los indicadores de rendimiento son la parte medular de etapa.

Al final de la fase de pruebas, se integra un informe con los resultados obtenidos, permitiendo con esto una evaluación global del rendimiento e impacto del modelo de negocio o idea propuesta. El informe integrado por la empresa, acompañado de las evaluaciones y consideraciones llevadas a cabo por el regulador respecto a las adecuaciones regulatorias necesarias, son los insumos utilizados para la toma de decisión respecto a si el modelo propuesto puede pasar a la fase de integración al mercado o no. En caso afirmativo, el regulador deberá considerar los cambios o adecuaciones necesarias al marco regulatorio vigente y de este modo determinar en conjunto con la empresa los plazos y procedimientos a cumplir para su implementación y salida al mercado.

Una vez realizada la evaluación, otra alternativa respecto a la decisión de salida puede consistir en una recomendación/modificación al modelo propuesto, de modo que la entrada al mercado le fuera viable. Otra opción de salida de esta etapa puede ser un veredicto de no viabilidad.

La implementación de esquemas de gestión que incluyan estrategias de *Sandboxes* regulatorios para su uso en el campo de las TIC es incipiente, pero cada vez más son las autoridades regulatorias que las ven como herramientas útiles para impulsar el desarrollo de nuevos productos y servicios.

En el Cuadro 2 se muestran algunas iniciativas presentadas en diversos países para su desarrollo bajo un esquema de *Sandbox* regulatorio, con el objeto de evaluar usos y aplicaciones de las TIC en diversos sectores.

Las iniciativas descritas son de diversa índole y en sectores cuya competencia corresponde a entidades regulatorias diferentes entre sí. Esto abre escenarios donde la colaboración intersectorial es indispensable.

No obstante la diversidad de los campos de aplicación y uso que los proyectos e iniciativas abarcan, todos tiene como denominador común una base tecnológica para su desarrollo, empleando tecnologías como inteligencia artificial, blockchain, IoT, aplicaciones móviles, analítica de datos, y machine learning, entre otras.

Con base al modelo general del proceso de implementación para un *Sandbox* regulatorio, cada país puede presentar particularidades en su modelo de desarrollo e implementación. Este modelo dependerá de los intereses, problemáticas a resolver, recursos con los que cuenta, retos y áreas de oportunidad detectados, así como de los objetivos definidos.

Cuadro 2. Iniciativas de proyectos bajo el esquema de Sandbox
(Elaboración propia con datos de Cullen)

País	Regulador	Sector	Aplicación
Reino Unido	Oficina de gas y mercado de electricidad	Energético	Comercialización de energía entre particulares, haciendo uso de tecnología <i>blockchain</i> .
Alemania	Ministerio Federal de Economía y Energía	Energético	Modelos de solución para proveer energía de manera segura, sustentable y eficiente, haciendo uso de fuentes compatibles con el ambiente (Parte de la Agenda Digital para la Transición Energética).
Colombia	Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones	Telecomunicaciones	Gestión de espectro, prueba de equipo redes y sistemas para 5G. Uso compartido y mercado secundario de espectro
Corea del Sur	Ministerio de territorio, Infraestructura y Transporte	Desarrollo Urbano	Proyecto de ciudades inteligentes. Proyectos relacionados con alternativas de transporte urbano (similar al modelo de UBER)
Japón	Ministerio de Economía, Comercio e Inversión	Transporte (e-bike)	Análisis de las condiciones de operación de las bicicletas eléctricas. Las pruebas son usadas para recabar información e integrar nuevas regulaciones
Alemania	Ministerio Federal de Economía y Tecnología	Transporte autónomo eléctrico	Pruebas de viabilidad de autobuses de pasajeros completamente automatizados
Singapur	Autoridad de Transporte Terrestre	Movilidad autónoma	Pruebas de viabilidad y funcionamiento de Vehículos Autónomos (AVs)

Como ejemplo de regulaciones actuales sobre el tema, en el Cuadro 3 se presentan algunas de las características que presenta el modelo de Sandbox para Colombia, que fue el primer país en AL en apostar por el desarrollo de este modelo para el mercado de las TIC, enfocado principalmente en el despliegue de redes y servicios de telecomunicaciones.

El regulador colombiano ya ha lanzado diversas convocatorias para participar en el modelo del Sandbox, enfocado en diferentes tecnologías.

Cuadro 3. Sandbox regulatorio en Colombia⁴¹.

Característica	Descripción
Propuesta inicial del regulador para el desarrollo de un modelo de Sandbox	Presentado por la CRC en el 2019 en el documento <i>SandBox regulatorio para la innovación en Conectividad*</i>
Se adiciona el Título XII Aplicación de Mecanismos Alternativos de Regulación a la Resolución CRC 5050 de 2016, que incluye a los <i>Sandboxes</i> regulatorios	El 13 de diciembre de 2020 fue publicado en el Diario Oficial No. 51527 la Resolución No. 5980**
Criterios de selección	Innovación genuina
	Beneficio para los ciudadanos
	Necesidad demostrada
	Idoneidad del proponente
Etapas de desarrollo	Aplicación
	Evaluación
	Experimentación
Duración	12 meses, prorrogables por 12 meses adicionales
Temáticas	<ul style="list-style-type: none"> Sandbox Regulatorio para la innovación en servicios de telecomunicaciones (2020) Sandbox Regulatorios para Contenidos Audiovisuales (2022)
<p>* https://crc.com.gov.co/system/files/Proyectos%20Comentarios/2000-59-3/Propuestas/sandboxcra-ajustes-200717.pdf</p> <p>** https://www.crc.com.gov.co/sites/default/files/normatividad/00005980.pdf</p>	

En México, el IFT contempla el desarrollo del modelo de Sandboxes como parte de las acciones a realizarse dentro de la LAR 1.3.3, que busca promover la disponibilidad de espectro radioeléctrico para la provisión de diferentes servicios y aplicaciones de radiocomunicaciones⁴²

Adicionalmente, el IFT tiene consideradas otras acciones relacionadas con el tema de los Sandboxes. En las Mesas 3 y 6 del Comité Técnico en Materia de despliegue de 5G se están abordando temas relacionados con las aplicaciones y la regulación de estos modelos. Así mismo, la Coordinación General de Mejora Regulatoria del IFT ha remitido a la Unidad de Asuntos Jurídicos del Instituto una serie de propuestas de adiciones a la LFTR, a fin de que el tema de los Sandboxes regulatorios estén previstos en la gobernanza regulatoria del IFT.

⁴¹ <https://www.crc.com.gov.co/es/micrositios/sandbox/conoce-mas-sandbox-regulatorio-crc>

⁴² Ver Estrategia IFT 2021-205. Hoja de Ruta. Diciembre 2020. Disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/transparencia/estrategia20202025acc.pdf>

Gestión espectral

Respecto a la innovación en la gestión espectral, son varias las recomendaciones y acciones señaladas por diferentes organizaciones internacionales y reguladores. Con el advenimiento de las redes de telecomunicaciones de nueva generación, se cuenta con recursos que habilitan el desarrollo de estrategias de compartición dinámica del espectro, el desarrollo de aplicaciones verticales y de una amplia gama de servicios y aplicaciones que demandan una alta confiabilidad y grandes tasas de transmisión con velocidades de respuesta de menos de 10 mseg. Algunas de las oportunidades que la innovación ofrece respecto a la gestión del espectro se enlistan a continuación⁴³:

- La operación en un amplio rango de frecuencias, desde frecuencias bajas hasta bandas milimétricas brinda la posibilidad de desarrollar mecanismos de gestión de manera particular para cada banda, aprovechando las ventajas que ofrece cada una, sobre todo en el tema de capacidad y cobertura.
- Uso flexible del ancho de banda, habilitando las interfaces necesarias para proveer altas velocidades de transmisión.
- Posibilidad de implementar reglas específicas y apropiadas para cada servicio. Por ejemplo, hacer uso de determinado espectro solo para cierto tipo específico de aplicación y en el momento que se necesite.
- Impulso de la regulación de *network slicing*, que impulse el desarrollo de aplicaciones verticales, de redes privadas y de la industria 4.0.
- Impulso de estrategias de compartición dinámica del espectro.
- Desarrollo de redes experimentales que impulse el desarrollo de servicios y aplicaciones 5G.
- Implementación de enlace troncales (*backhaul*) inalámbricos.

Adicionalmente a las oportunidades que la innovación tecnológica brinda, existen otras iniciativas y acciones innovadoras en la administración del recurso espectral⁴⁴. Dentro de las más relevantes se pueden mencionar las siguientes:

- Fortalecimiento de bandas de uso libre para promover el acceso a internet. Se estima que en el 2021, las redes wifi entregaron el 49% del tráfico IP a nivel mundial⁴⁵.
- Promoción de iniciativas de wifi gratuito, con la participación de empresas de tecnología o de entidades gubernamentales. En Sudáfrica, el Proyecto Isizwe⁴⁶, es una iniciativa municipal de wifi gratuito que inició como una organización sin fines de lucro financiada por el gobierno, para evolucionar posteriormente hacia un modelo basado en la publicidad. Otro ejemplo (que ya no continua), es el proyecto Express Wi-Fi, que consistía

⁴³ <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/10/5G-Spectrum-Positions-SPA.pdf>

⁴⁴ <https://www.internetociety.org/es/resources/doc/2019/innovaciones-en-la-gestion-del-espectro/>

⁴⁵ https://www.internetociety.org/wp-content/uploads/2019/04/InnovationsinSpectrumManagement_MAR2019-ES-1.pdf

⁴⁶ <https://projectisizwe.org/>

en una plataforma para operadores de wifi que gestionaba la suscripción y la generación de ingresos. Express Wi-Fi hacía uso de la red de un proveedor de servicios de Internet inalámbrica existente, aportando inversiones para ayudar al proveedor a expandir su red.

- Promoción de bandas con licencia para la implementación de enlaces de backhaul.
- Impulso de la regulación de espacios blancos de TV.
- Implementación de licencias de uso flexible, posibilitando el uso del espectro para cualquier servicio que opere dentro de los parámetros técnicos establecidos en la concesión, de modo que no se generen interferencias con servicios similares. Por ejemplo, el regulador de Reino Unido Ofcom, está emprendiendo acciones encaminadas a promover la innovación en los servicios inalámbricos, facilitando el acceso al espectro a organización de cualquier sector y tamaño, con el objeto de proveer flexibilidad en el uso del espectro⁴⁷. En esta iniciativa el regulador enfatiza en los siguientes puntos:
 - Poner a disposición más espectro para fines de innovación, previo a su uso futuro a largo plazo.
 - Dar soporte a la innovación de tecnologías inalámbricas, reduciendo las barreras para startups e innovadoras, enfatizando la neutralidad tecnológica y de servicios, y asegurando que las empresas, particularmente las pequeñas, tengan acceso a condiciones técnicas flexibles.
 - Llevar a cabo acciones encaminadas a promover el uso del espectro, entendiendo las problemáticas particulares de cada sector, brindando la asesoría necesaria, así como informando a los sectores, empresas y organizaciones de los potenciales beneficios que las tecnologías inalámbricas pueden ofrecer en la implementación de soluciones y mejoras, incluyendo aquellas con requerimientos específicos, como comunicaciones con alta fiabilidad o seguridad.
- La *Federal Communications Commission* (FCC) estableció cambios en la regulación para la banda 2.5 GHz (2496-2690 MHz), proponiendo un uso más flexible, incluyendo su utilización para servicios de 5G, así como el licenciamiento de porciones sin asignar de este espectro. En la actualidad, parte de esta banda cuenta con una licencia con fines educativos, que se define como Servicios Educativos de Banda Ancha (EBS). Muchas de estas licencias son alquiladas y son un medio para que los operadores inalámbricos incrementen su capacidad. La FCC propone:
 - Eliminar las restricciones respecto a quiénes pueden optar por una licencia EBS, así como las limitaciones respecto a su uso y al proceso para rentar la capacidad a otras entidades.
 - Respetar los términos contractuales existentes entre los poseedores de licencias y los operadores.
 - Proveer licencias para aquellas porciones del espectro sin asignar, estableciendo condiciones de asignación prioritaria para las comunidades indígenas en EE. UU.

⁴⁷ https://www.cullen-international.com/client/site/documents/B5TEEU20210010_044fe172-37ef-4ec3-adf5-23b23d7a2ef5

- Las licencias tendrán una cobertura geográfica por condado, adoptando un plan con bloques de segmentos espectrales de 100 MHz y 16.5 MHz, estableciendo requerimientos de cobertura, para asegurar una rápida expansión en las zonas rurales.
- Por su parte, el Ministerio Canadiense de Innovación, Ciencia y Desarrollo (ISED), publicó las políticas y el marco de licenciamiento para el espectro en la banda de 3.5 GHz^{48,49}, que establece reglas de uso flexible para 200 MHz dentro de esta banda, organizado en 20 bloques de 10 MHz no pareados que pueden ser usados para redes móviles 5G o servicios móviles fijos. El ISED establece las reglas de la subasta para otorgar entre 30 y 140 MHz por área de servicio, con una duración de 20 años. Para los actuales poseedores de licencias en esta banda, el ISED prevé un proceso de transición hacia este modelo de uso flexible, permitiendo que puedan participar en la subasta por una determinada cantidad de espectro, dependiendo del número de usuarios e infraestructura en determinada área. Los que cuentan con licencias serán elegibles para pugnar por licencias de 20, 50 y 60 MHz. Para el caso de las nuevas licencias y para el proceso de transición, serán aplicadas nuevas condiciones. De cara a promover condiciones que promuevan la competencia, el ISED coloca 50 MHz de espectro para pequeños operadores regionales, con algunas condiciones respecto a las zonas seleccionadas y con la posibilidad de que este pueda ser negociado durante los primeros 5 años. Adicionalmente, también se establecen condiciones de despliegue de la red en función de la duración de la licencia y las características de las zonas geográficas, como se muestra en el Cuadro 4. Los valores mostrados representan el porcentaje de despliegue que se debe cumplir para 5, 10 o 20 años en cada una de las zonas indicadas.

Cuadro 4. Condiciones de despliegue para redes de uso flexible (Tomado de Cullen)

Duración de la licencia (años)	Zona geográfica con grandes centros poblacionales	Zona geográfica sin grandes centros poblacionales
5	25% o 30%	Entre 5% y 30%
10	25% o 30%	Entre 10% y 50%
20	60% o 70%	Entre 25% y 70%

- En el Reino Unido, Ofcom también ha adaptado su marco regulatorio para ponerlo en línea con el cambio y evolución de las necesidades del mercado. En 2019, introdujo un nuevo esquema de licenciamiento enfocado en proveer acceso localizado a ciertas bandas que dan soporte a la tecnología móvil. El espectro disponible⁵⁰ se encuentra en

⁴⁸ <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/en/spectrum-allocation/auctions/auction-spectrum-licences-3500-mhz-band/decision-revisions-3500-mhz-band-accommodate-flexible-use-and-preliminary-decisions-changes-3800-mhz>

⁴⁹ <https://www.cullen-international.com/client/site/documents/FLTECA20200004>

⁵⁰ https://www.cullen-international.com/client/site/documents/B5TEEU20190001_cfe7af7d-2f89-42dd-8f28-bb19acc262ba

las bandas de 3.8-4.2 GHz (usado para estaciones terrenas satelitales, enlaces fijos punto a punto y acceso inalámbrico fijo), 1800 MHz (1781.7-1785 MHz, emparejado con 1876.7-1880 MHz), 2300 MHz (2390-2400 MHz) y 24.25-26.5 GHz (solo para interiores), y está disponible para licencias locales. Los potenciales usuarios pueden hacer una solicitud simplificada al regulador, especificando la banda y la localización en cuál desean operar. Para ello, Ofcom propone dos tipos de licencias, diferenciadas entre sí por los niveles de potencia permitidos:

- Licencias de baja potencia para conectividad local (licencia por área).
- Licencia de potencia media para conectividad de largo rango (licencia para estación base)

Respecto al acceso compartido del espectro para comunicaciones móviles que ya ha sido licenciado, Ofcom propone⁵¹ facilitar este acceso a las bandas 800, 900, 1400, 1800, 1900 y 2100 MHz, así como en las bandas de 2.3, 2.6 y 3.4 GHz, a través de negociaciones y compromisos con los tenedores actuales de licencias en dichas bandas. La licencia para el acceso local será limitada en tiempo, contando con un período mínimo de 3 años. En aras de promover esta compartición de espectro de manera efectiva, el regulador recomienda:

- Promover el uso de información y análisis confiables para evaluar las condiciones de compartición entre diferentes servicios.
- Impulsar acciones para garantizar que los sistemas inalámbricos sean más resilientes a las interferencias provenientes de bandas adyacentes.
- Proveer un balance más eficiente entre el nivel de protección contra interferencias que se proporciona a un servicio y la flexibilidad a otros para transmitir.

Alternativas de licenciamiento compartido como el Acceso Compartido con Licencia (LSA). En su implementación, el LSA define un esquema de compartición entre un usuario definido como primario (propietario de la licencia) y un usuario secundario, que tendrá acceso al espectro en los puntos geográficos y en momentos en los cuales el usuario primario no haga uso de este⁵².

Ciberseguridad

El uso de tecnologías innovadoras como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático (*machine learning*) y el aprendizaje profundo (*Deep learning*) están abriendo nuevas posibilidades en el tema de ciberseguridad. La inteligencia artificial está dotando a los sistemas de cómputo de la capacidad de reaccionar y responder a cualquier ciber amenaza de manera automática, sin la necesidad de la

⁵¹ https://www.cullen-international.com/client/site/documents/B5TEEU20190001_cfe7af7d-2f89-42dd-8f28-bb19acc262ba

⁵² Instrumentos reglamentarios para dar soporte a la utilización compartida del espectro. Informe ITU-R SM.2404-0. 06/2017, pg. 6.

intervención humana. El uso de estas tecnologías permite hacer uso de patrones históricos de comportamiento, para llevar a cabo análisis y toma de decisiones con mayor precisión y oportunidad que las que tomaría una persona. Una vez tomada la decisión y a la luz de los resultados obtenidos los sistemas podrán ejecutar de manera autónoma cambios y mejoras al sistema, haciendo uso de algoritmos de aprendizaje profundo, entre otras herramientas. De acuerdo con Kaspersky⁵³, el tiempo de respuesta ante las amenazas es vital para la garantizar la seguridad de los bienes y sistemas. El uso de aprendizaje automático permite extraer datos de un ataque, organizarlos y prepararlos para su análisis. Puede proporcionar a los equipos de ciberseguridad informes simplificados para que el procesamiento y la toma de decisiones sean más sencillos, ofreciendo potenciales medidas y acciones para limitar daños y prevenir futuros ataques.

En el caso del IFT, se puede desarrollar un plan de acción basado en una estrategia de ciberseguridad que haga uso de datos de las redes propias del Instituto, midiendo y caracterizando el tráfico, haciendo uso de datos actuales e históricos. Con esta información establecer mecanismos autónomos para detectar anomalías o comportamiento inusual del tráfico en la red, permitiendo habilitar esquemas de alertamiento y prevención para todo el personal y bienes del IFT. Una mayor acumulación de datos históricos que refleje las condiciones de operación del sistema informático del Instituto permitirá que el sistema se fortalezca. Acciones como la descrita impulsarán la resiliencia de los sistemas informáticos, dará certeza a la operación de las áreas y proporcionará una mayor seguridad a los bienes y recursos del IFT. El uso de nuevas tecnologías permitirá detectar no solo las amenazas del exterior, sino también vulnerabilidades de los equipos y sistemas, permitiendo detectar condiciones y comportamiento de riesgo, tanto humanos como de los sistemas de cómputo y de protección.

El uso de algoritmos de análisis y aprendizaje automático permitirá que con cada evento o amenaza que ponga a prueba el nivel de seguridad implementado, el sistema de seguridad aprenda y responda de mejor manera a los ataques o amenazas futuras.

De manera complementaria, la emisión periódica de un informe de las incidencias, acciones y condición actualizada del sistema de ciberseguridad del Instituto sería un instrumento de transparencia, de difusión de buenas prácticas en la materia, así como un medio para evaluar de manera permanente el nivel de seguridad en general.

Otras oportunidades de Innovación para el IFT

E-gobierno. Como se ha hecho mención en la Sección II de este documento, el fomento y promoción de la innovación en el sector de las telecomunicaciones y radiodifusión es una de las metas establecidas dentro de las competencias del IFT. En la misma línea, se enfatiza también el uso de la

⁵³ <https://www.kaspersky.es/resource-center/definitions/ai-cybersecurity>

innovación como un elemento para el fortalecimiento institucional. Esta innovación se implementa haciendo uso de tecnologías y recursos relacionados con las TIC.

Al respecto, el IFT lleva a cabo una labor constante fomentando el uso de mecanismos innovadores de gestión, así como el impulso de herramientas y recursos tecnológicos en su labor cotidiana. El 23 de enero del 2023, el Pleno del Instituto aprobó modificar los Lineamientos de Ventanilla Electrónica, para permitir a los Concesionarios y Autorizados, sustanciar diversos trámites y servicios, fortaleciendo de este modo un gobierno electrónico y abierto mediante el uso de las TIC, minimizando el impacto administrativo. Con la entrada en vigor de esta modificación, el Instituto estará en condiciones de habilitar, a través de una plataforma electrónica, el 73 % del total de los trámites y servicios contenidos en su registro, lo que representa incorporar a un medio electrónico el 90.3 % del total de los asuntos que recibió en el año 2021⁵⁴. Acciones como la descrita, han permitido que el Instituto sea reconocido por su labor a nivel internacional, como lo muestra el reconocimiento recibido en el 2022 de parte de la ITU, el *G5 Benchmark*. Este reconocimiento *“es el estándar de oro para la regulación colaborativa intersectorial eficiente y contribuye a establecer hojas de ruta hacia la excelencia regulatoria y la transformación digital. La herramienta se compone de 4 pilares: gobernanza colaborativa, principios de diseño de políticas; desarrollo digital y agenda de política económica digital”*⁵⁵. La misma organización ha otorgado diferentes reconocimientos a diversas herramientas y programas emprendidos por el IFT, entre los que se pueden mencionar a la aplicación *Mi IFT*, la plataforma *Soy Usuario*, los *Lineamientos de Accesibilidad para Usuarios con Discapacidad*, la *Plataforma Pueblos y Comunidades Indígenas* y el *Comparador de Tarifas*, que han contribuido a la difusión de información y empoderamiento de los usuarios de servicios de telecomunicaciones⁵⁶.

Especialización del personal en análisis de datos. La demanda de una mayor especialización y actualización del equipo que integra el instituto, el desarrollo de habilidades y actualización en nuevas tecnologías pudiera llevarse a cabo mediante programas específicos de capacitación, diseñados de manera particular para las necesidades de cada unidad o dirección, y en función de las perspectivas y metas identificadas por el instituto. El uso de plataformas que ofrecen contenidos sobre demanda, con una gran diversidad de temas, permitirá que las acciones e iniciativas de capacitación sean flexibles, de modo que el personal puede gestionar y organizar sus tiempos para el desarrollo de su formación y actualización.

Así mismo, se identifica la oportunidad de desarrollar las capacidades en el uso y aplicación de ciencia y analítica de datos, que permita la generación de información y la realización de análisis. La

⁵⁴ <https://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/el-ift-incorpora-un-mayor-numero-de-tramites-y-servicios-su-ventanilla-electronica-traves-de-la>

⁵⁵ https://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicado36ift_1.pdf

⁵⁶ <https://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/la-aplicacion-movil-para-usuarios-mi-ift-sera-reconocida-en-los-wsis-prizes-2022-por-la-union>

regulación *data-driven* permitirá fortalecer muchas de las funciones regulatorias que lleva a cabo el instituto. Para ello es necesario contar con los siguientes elementos:

- Una red de monitoreo en tiempo real que permita la obtención de datos directamente de la operación de las redes.
- Capacidad de gestión de información y datos masivos (*big data*), que permita organizar la información para proceder a su clasificación y análisis.
- Herramientas y capacidades técnicas y humanas para llevar a cabo análisis cuantitativos, cualitativos y prospectivos con la información colectada.

De este modo se podrían reforzar las labores de verificación, monitoreo y cumplimiento en la operación de las redes. Así mismo, los datos colectados y los análisis realizados permitirán identificar oportunidades y retos prospectivos respecto a la operación, evolución y regulación de las redes de telecomunicaciones y radiodifusión.

Las apps desarrolladas por el instituto representan una fuente constante de información técnica de la operación de las redes; el desarrollo de este tipo de recursos representa una fuente relevante de información que fortalecería la regulación *data-driven*. No menos relevante es el reto que presenta el fortalecimiento de la gobernanza de los datos y de la información recabada y procesada. La confiabilidad de la estrategia *data-driven* dependerá de la confianza de los usuarios y concesionarios, respecto a la seguridad en el manejo de la información que el IFT posea.

Sandboxes. El desarrollo y promoción de espacios de experimentación e innovación como los *Sandboxes* regulatorios es un hecho consumado en varios países, y el IFT pudiera impulsar su desarrollo y aprovechamiento. Al igual que los *Sandboxes* Regulatorios, los Campus 5G se presentan como alternativas que pudieran ser viables para impulsar espacios de innovación y desarrollo de pruebas. Los *Sandboxes* regulatorios contemplan la totalidad de sectores, ya que prácticamente todas las actividades están impactadas y transformadas por el uso y aplicación de las TIC; se pueden citar casos en el sector energético, salud, desarrollo urbano, industria, transporte y movilidad autónoma, entre muchos otros.

Para la promoción de estos espacios de experimentación y prueba, el IFT puede acercarse a los Centros de Investigación y Desarrollo que ya existen en el país, y promover el diseño y puesta en marcha de estos modelos de innovación.

Así mismo, el Instituto pudiera impulsar el uso de estos espacios de prueba en los diferentes clústeres de innovación mencionados en el presente documento, con el objetivo de establecer convenios de colaboración que permitan fortalecer las iniciativas de las industrias involucradas. Estos convenios de colaboración fortalecerán las capacidades de los equipos de trabajo en cada uno de los clústeres, impulsando el desarrollo de iniciativas de innovación robustas que estarían en condiciones de atraer recursos para su implementación, impulsando con esto el desarrollo de investigación aplicada.

Con miras a la integración de un modelo de Sandbox regulatorio en México, que contemple las características mencionadas, promueva el desarrollo de la innovación y permita al Instituto posicionarse como un impulsor de la innovación en el sector de las TIC, en el documento *Sandboxes Regulatorios para TIC en México*, elaborado por el Centro de Estudios, se describe un modelo general que pudiera aprovechar varias de las fortalezas técnicas y de gestión que ya posee el IFT.

El modelo general propuesto en dicho documento se muestra en la Gráfica 11. Los elementos indicados en el esquema propuesto están basados en el modelo general de Sandbox analizado, señalando algunas peculiaridades que pudieran ser aplicables para el caso de México.

Previo a la integración del modelo, se debe definir su objetivo y enfoque, perfilándolos con los indicados en la Hoja de Ruta 2022-2025 del IFT, y con base en esto, integrar los requerimientos de entrada que debe cumplir la propuesta a elaborarse en la etapa 1.

Para la integración de la propuesta, el Instituto deberá publicar los lineamientos generales del modelo de Sandbox, definiendo objetivos, requisitos de entrada y sector al que estará enfocado.

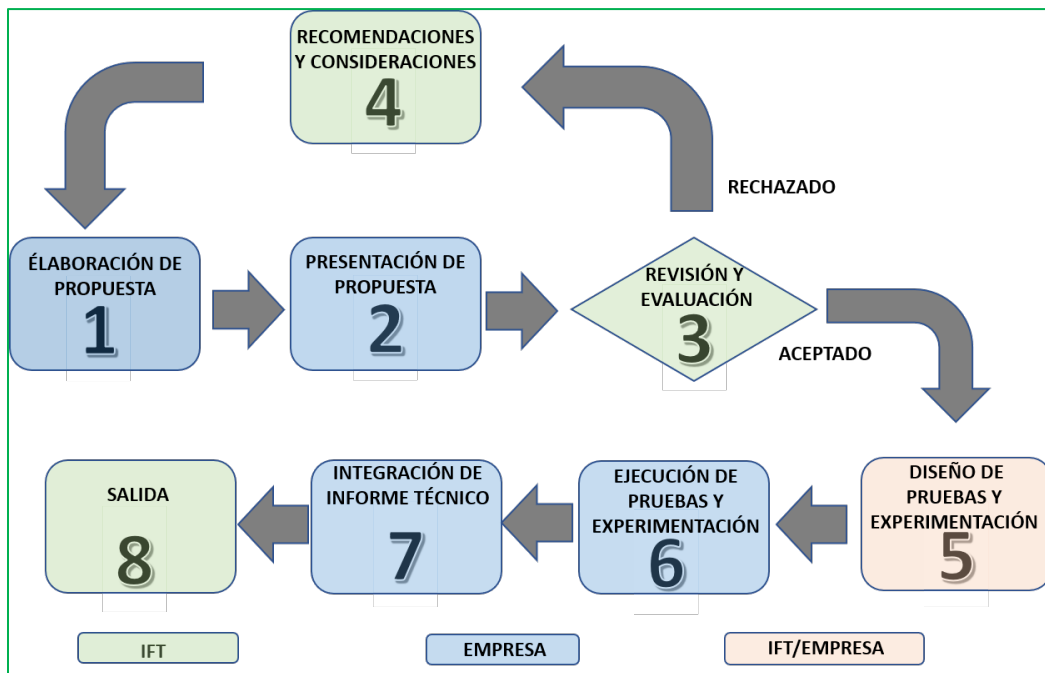
La segunda etapa consiste en la presentación de la propuesta elaborada e integrada por la empresa emprendedora. En esta etapa, el proyecto se describirá y detallará, señalando el o los responsables de la propuesta, así como las consideraciones legales y/o requerimientos administrativos solicitados. Tanto la primera como la segunda etapa son responsabilidad de la empresa o entidad proponente.

La etapa 3 consiste en un mecanismo de evaluación de la propuesta recibida. En esta se llevará a cabo una revisión detallada del cumplimiento de los requerimientos de la propuesta, así como la identificación y dimensionamiento de parte del IFT de la flexibilización regulatoria que la operación del proyecto requerirá. En esta etapa el IFT pudiera considerar integrar a este esquema de evaluación a otras entidades regulatorias responsables del sector específico al que la propuesta se enfoque. Una vez realizada la evaluación se procederá a informar a la empresa si la propuesta pasa a la fase de diseño de pruebas y experimentación o por el contrario esta se turnará a la entidad proponente con las observaciones y recomendaciones para que la propuesta sea valorada y corregida (etapa 4), con el objeto de ser nuevamente presentada a consideración.

Una vez que la propuesta es evaluada de manera satisfactoria, se procedería al diseño del modelo de pruebas (etapa 5), donde la empresa proponente deberá entregar un documento técnico de las mismas, indicando alcances, indicadores de rendimiento y condiciones de operación, así como toda la información que considere de relevancia para la realización de las pruebas.

El Instituto llevará a cabo una revisión y evaluación del documento, integrando a las unidades del propio Instituto relacionadas con la propuesta, así como aquellas entidades regulatorias o de gestión nacionales involucradas en la regulación o alcances del proyecto. En esta etapa deberán establecerse las condiciones de protección al usuario final.

Gráfica 11. Esquema propuesto de un Sandbox regulatorio para TIC (Elaboración propia basada en el modelo general de la CRC)



El Instituto podrá sugerir/integrar los indicadores de rendimiento del experimento que considere de relevancia, de cara a sustentar con datos de campo la evaluación de los resultados del experimento. La autorización del inicio de las pruebas estará acompañada de un calendario de actividades y responsabilidades, incluyendo fechas de entregables y la duración del ejercicio.

La realización de las pruebas y experimentación (etapa 6) se llevará a cabo bajo la supervisión del instituto, reservándose el derecho de detener las mismas si una o varias de las condiciones no se cumplieran. En esta etapa en particular, el involucramiento del Instituto es fundamental, participando de manera activa en la recopilación de datos, seguimiento del programa de pruebas y revisión de los entregables en su caso. Al finalizar el experimento, la empresa integrará un informe técnico de los resultados de las pruebas, emitiendo una evaluación propia respecto nivel de logro de los objetivos planteados inicialmente. Al mismo tiempo, el Instituto integrará un informe propio de los resultados de los experimentos, basado en los indicadores de rendimiento especificados al inicio de las pruebas. Tanto el informe técnico integrado por la empresa, como el elaborado por el Instituto serán utilizados para que el IFT emita una decisión final, en la cual se indicará sí el modelo de negocio cumple o no con los objetivos planteados, la normatividad existente, y la viabilidad de la flexibilidad regulatoria necesaria en su caso.

Para la integración y puesta en marcha de un modelo de *Sandbox* regulatorio gestionado por el IFT, se deberá llevar a cabo un trabajo de colaboración y consulta entre las unidades relacionadas con el proyecto, con el objeto de detectar oportunidades y retos específicos que pudieran surgir de la

experiencia y trabajo que actualmente se realiza en el instituto. Como ya se ha mencionado, hay ciertas actividades y funciones que el instituto ya lleva a cabo y que pudieran encontrar coincidencia con algunas de las que se proponen.

Uso del espectro. En relación con la innovación en la gestión de espectro, el desarrollo tecnológico ofrece retos, pero también oportunidades. El interés de algunas industrias por acceder a redes de telecomunicaciones *ad hoc* a sus requerimientos y necesidades, que les proporcione una mayor flexibilidad y control para la gestión de los recursos de telecomunicaciones e información, está llevando a que las aplicaciones verticales se estén impulsando en varias partes del mundo⁵⁷. Para el desarrollo de estas aplicaciones verticales, las redes 5G hace uso de la tecnología *network slicing*, que la regulación en México aún no contempla.

Una de las alternativas que se presentan para promover el acceso y eficiencia en el uso del espectro, es el impulso de esquemas LSA que contribuirían a mejorar la eficiencia de su uso. Por medio de estas estrategias se puede dar acceso a espectro que presente bajos niveles de uso, mediante esquemas de compartición temporal, así como estrategias de compartición geográfica. Bajo este tipo de compartición, se puede hacer uso de bases de datos georeferenciadas para determinar si el concesionario tiene cobertura o no en una zona en particular y gestionar con ello el uso del espectro. También se puede hacer uso de esquemas de acceso dinámico del espectro, que requiere que los sistemas cuenten con esquemas de sensado y verificación de las condiciones del medio en tiempo real para determinar si la frecuencia está en uso o no, para de este modo proceder a llevar a cabo sus comunicaciones. Los esquemas LSA, el uso de bases de datos geo-referenciadas y la compartición dinámica del espectro, son innovaciones enfocadas en incrementar la eficiencia en el uso del espectro. Un tema que ha sido abordado en las mesas de trabajo 3 y 6 del Comité Técnico en materia de Despliegue de 5G⁵⁸ es el que refiere al desarrollo de redes privadas con fines de experimentación en México. Respecto a este tema, se enfatiza la necesidad de garantizar el acceso a las bandas para la realización de pruebas de equipos y sistemas. Así mismo, sería oportuno contar con tiempos de vigencia flexibles, en función de las necesidades de cada proyecto. También sería oportuno contar con un esquema que permita a la entidad (empresa, startup, universidad, etc.) que hace uso de las redes experimentales acceder a espectro para colocar su producto en el mercado, toda vez que la viabilidad del proyecto haya sido comprobada.

Colaboración interinstitucional. La colaboración del IFT con otros reguladores de México, así como de otros países ha sido siempre una característica en su forma de operar. Sin embargo, con el advenimiento de las nuevas tecnologías y el desarrollo de los mercados digitales, es necesario reforzar el diálogo y la comunicación con otros reguladores para evitar conflictos competenciales en temas específicos. La creación de un Comité o Grupo de trabajo para abordar de manera conjunta estos temas puede ser un primer paso para enfrentar este reto

⁵⁷ <https://enterpriseiotinsights.com/20200922/5g/german-regulator-already-awarded-74-licenses-5g-campus-networks>

⁵⁸ <https://comite5g.ift.org.mx/pages/dashboard>

VI. Conclusiones y recomendaciones

Con respecto al panorama general de las actividades de I+D+i en México se identifican tres retos relevantes. En primer lugar, existe un claro predominio de la ciencia básica en comparación con la ciencia aplicada y el desarrollo experimental. En segundo término, la cantidad de recursos destinados a actividades de I+D+i en términos de porcentaje del PIB está muy por debajo de la media de los países de la OCDE. En tercer lugar, se encontró que la mayor parte del gasto para actividades de I+D proviene del estado (casi un 70%) y alrededor de un 30% de las empresas privadas. Los países con mayores índices de innovación presentan un esquema de financiamiento prácticamente invertido al de México.

En lo que respecta a la investigación que se desarrolla en nuestro país, no obstante que existe una gran cantidad de Centros de Investigación en México, la falta de coordinación entre éstos y la industria, así como la desvinculación de las actividades I+D+i con las problemáticas de cada región, impide que estas inversiones se traduzcan en innovación. Iniciativas promovidas por el IFT que impulsen la colaboración entre los Centros de Investigaciones relacionados con las TIC y/o que hagan uso de estas para desarrollar la innovación en su sector, se presenta como una oportunidad latente; estas iniciativas estarían en línea con lo señalado en la LAR 3.1.6, definida en la Estrategia IFT 2021-2025.

A pesar de que la competencia del IFT es limitada respecto a las acciones que se pudieran tomar respecto a las oportunidades para impulsar la innovación, se abre la posibilidad de impulsar la colaboración con los Centros de Investigación, con las Cámaras Industriales y Comerciales que agrupan a las empresas productivas en México, con el objeto de promover e impulsar el uso de las TIC en los sectores productivos de la sociedad, por medio de Comités y Mesas de trabajo conjuntas que puedan abordar temas de relevancia actual, como son el papel de las TIC en el impulso del desarrollo sustentable, Industria 4.0, así como para coordinar esfuerzos en áreas como la salud y la educación, entre otros.

De acuerdo con el diagnóstico y condiciones que la I+D+i presenta en México y en el marco de innovación tecnológica en todo el mundo, se presentan algunas recomendaciones para el IFT, tanto en el sentido de fortalecimiento institucional como en su operación como regulador:

- Continuar con los programas de capacitación y fortalecimiento de habilidades, destrezas, capacidades y conocimiento tecnológico del equipo que integra el IFT, adicionando esquemas de formación personalizada, de acuerdo con los intereses y objetivos institucionales, incluyéndose el uso de plataformas de contenidos. Estas plataformas de contenido permitirán contar con una mayor diversidad de contenidos, brindando flexibilidad de horario para su acceso, configuración personalizada de la formación del personal en función de los objetivos y metas de la Unidad y del Instituto. Los cursos y materiales se podrán

actualizará y enriquecerán de manera constante, de modo que siempre se tendrá acceso a la información más reciente.

- Enriquecer y robustecer la fuente de datos de información pública relativa a las TIC, de modo que ésta sea el insumo para el desarrollo de ideas y aplicaciones innovadoras.
- Continuar impulsando el desarrollo de herramientas y recursos digitales al interior del Instituto, a fin de aprovechar el avance tecnológico y generar una mayor cantidad de información útil para la formulación de políticas regulatorias y del empoderamiento del usuario (v.gr. apps y portales de difusión de datos e información respecto a las telecomunicaciones y radiodifusión en México).
- En línea con lo señalado en la estrategia IFT 2021-2025, en relación con la promoción de la innovación en los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión, se recomienda promover con agencias de innovación de otros países la realización de proyectos en nuestro país, convocando a empresas e investigadores nacionales e internacionales, así como agencias y organismos internacionales que otorgan fondos para este tipo de iniciativas (v.gr. BID, Banco Mundial, CAF, ONGs, empresas privadas y embajadas).
- Similar a las acciones realizadas en el sector financiero, convocar a innovadores y startups a presentar propuestas de solución y aplicaciones innovadoras relacionadas con los retos y desafíos en los sectores de las telecomunicaciones y radiodifusión, relacionados con la reducción de la brecha digital, alternativas de conectividad para zonas marginadas, alfabetización digital, etc. Para esto, se buscarían fondos sectoriales o de organizaciones internacionales (v.gr. BID, UNESCO, etc.)
- Impulsar el desarrollo de estrategias *data-driven*, promoviendo el uso de redes de monitoreo remoto para la evaluación y verificación de la operación de las redes de telecomunicaciones. En la actualidad existen plataformas que ofertan el monitoreo espectral de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión de manera remota.
- Diseñar y poner en marcha un plan para integrar un grupo especializado en ciencias de datos y análisis de información, que permita gestionar, clasificar y llevar a cabo los análisis de la información colectada y entregada por concesionarios y autorizados. Esto reforzaría el logro de lo señalado en la LAR T.1.3 de la Estrategia IFT 2021-2025.
- Complementario al desarrollo de apps propias del IFT, se recomienda establecer mecanismos y una estructura que permita gestionar la información colectada por éstas, posibilitando el desarrollo de estudios y análisis.
- Promover el desarrollo de *Sandboxes* Regulatorios para TIC, aprovechando los trabajos en las mesas 3 y 6 del Comité 5G, así como algunos estudios prospectivos realizados con anterioridad. Esta línea de acción se puede asociar con lo señalado en el artículo 124 de la LFTR citado en la primera sección.
- Analizar la viabilidad de adicionar al marco regulatorio actual, las innovaciones tecnológicas relacionadas con la gestión del espectro, en relación con el desarrollo de la compartición dinámica del espectro, el otorgamiento de licencias de uso flexible y las mejoras en las

concesiones de uso experimental. Esta iniciativa está en línea con lo señalado por el artículo 78 de la LFTR, citado al inicio del presente documento.

- Promover la elaboración de un esquema de pruebas de estrés de ciberseguridad, que incorpore tecnologías de inteligencia artificial y que puede ser utilizado para llevar a cabo evaluaciones periódicas de la seguridad de las instalaciones y bienes del instituto. Este modelo pudiera ser exportado a otras dependencias que así lo requirieran. Los trabajos realizados en la mesa 5 del Comité 5G pudiera ser el detonante de estas iniciativas.
-

VII. Referencias

- Akgül, Ö. U., Malanchini I., A Capone, A, (2019). "Dynamic Resource Trading in Sliced Mobile Networks". IEEE Transactions on Network and Service Management, vol. 16, no. 1, pp. 220-233.
- Bay Area Council Economic Institute (2021). *Southern Connection, Innovation Clusters in Mexico and the Bridge to Silicon Valley*, EEUU-México.
- Bnamericas, (2021). Los avances del sandbox regulatorio de telecomunicaciones en Colombia. Agosto, 2021.
- CEPAL, (2022). Comisión Económica para América Latina y el Caribe, "Innovación para el desarrollo: la clave para una recuperación transformadora en América Latina y el Caribe" (LC/CCITIC.3/3/-*), Santiago.
- GII, (2022). Global Innovation Index 2022. World Intellectual Property Organization, 2022. Geneva, Switzerland.
- GII, 2022. World Intellectual Property Organization. *Global Innovation Index 2022. "What is the future of innovation-driven growth?"* Geneva 20, Switzerland.
- IBD, (2020). Regulatory Sandboxes and Innovation Testbeds. A look at International Experience and Lessons for Latin America and the Caribbean. 2020.
- Instituto de Estadística de la UNESCO (2010). *MEDICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO (I+D): "Desafíos enfrentados por los países en desarrollo"*. Montreal, Quebec H3C 3J7 Canadá.
- ITU News, (2020). "Regulation for digital transformation". ITU News. Geneva, Switzerland.
- Ivent H, Oliver J, Sepúlveda E. Banco Mundial (2000). "MANUAL DE REGLAMENTACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES Módulo 1 Visión de conjunto de la reglamentación de las telecomunicaciones". Washington EEUU. InfoDev, ITU.
- Jan Fagerberg, Martin Srholec (2008). "National innovation systems, capabilities and economic development", Research Policy, Volume 37, Issue 9.
- OCDE, (2012), RECOMENDACIÓN DEL CONSEJO SOBRE POLÍTICA Y GOBERNANZA REGULATORIA. <https://www.oecd.org/gov/regulatory-policy/Recommendation%20with%20cover%20SP.pdf>
- OCDE (2022). "Communication Regulators of Future". OCDE Digital Economy papers. OECD publishing. <https://www.oecd.org/publications/communication-regulators-of-the-future-f02209e6-en.htm#:~:text=The%20communication%20sector%20is%20undergoing,around%20privacy%20and%20security%20concerns>.
- OCDE, (2021). OECD & Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea. (2020). Smart Cities and Inclusive Growth. OECD. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea. <https://www.oecd.org/regional/cities/smart-cities.htm>
- Oppenheimer, A. 2028. "Sálvese quien pueda". Grupo Editorial Penguin Random House. México.
- Organización de Cooperación Y Desarrollo Económicos Oficina de Estadísticas De Las Comunidades Europeas (OCDE), Eurostat (2005). *Manual de Oslo, Guía para la Recogida e Interpretación de Datos sobre Innovación*, Madrid, España.
- Schneiders (2021). Alexandra Schneiders, Michael J. Fella, and Colin Nolden. Peer-to-peer electricity trading and the sharing economy: social, markets and regulatory perspective. ResearchGate. April 2021

- SINTEG, (2021). Funding programme "Smart Energy Showcases - Digital Agenda for the Energy Transition" (SINTEG). Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. 2021.
- SME, (2020). Japan's "Sandbox" Programme Paves Way for Technological Innovations. Feb. 2020.
- Southern Conn, (2021). Innovation Clusters in Mexico and the Bridge to Silicon Valley. Bay Area Council Economic Institute. San Francisco CA.
- Trejo Berumen, K. S., Gámez, A. E., Coneso Cegarra, F., Ángeles Villa, M., Ivanova Bon-cheva, A. Beltrán Morales, L. Acta Universitaria (2018). "El sistema nacional de innovación de México. Una comparación con España y Estados Unidos de América". 28(1), 87-98. doi: 10.15174/au.2018.1430
- ITU News, 2020. Regulation for digital transformation. ITU News. Geneva, Switzerland.

Los estudios, resultados y recomendaciones expresadas en el presente reporte no necesariamente reflejan el punto de vista del Instituto Federal de Telecomunicaciones, quedando a cargo del autor la responsabilidad de los mismos.
