



ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN



Marcelo Jenkins Coronas

SOBRE EL AUTOR

Marcelo Jenkins Coronas – Ph.D. y M.Sc. en computación de la Universidad de Delaware, USA, B.S. en computación de la Universidad de Costa Rica. Actualmente es profesor catedrático en la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica (UCR). Cuenta con más de 38 años de experiencia como docente e investigador, autor de más de 120 artículos técnicos en el campo y ganador del Premio Nacional de Ciencia y Tecnología 1997.

marcelo.jenkins@ucr.ac.cr

Tabla de Contenidos

Acrónimos	5
¿Qué es la innovación?	7
Tipos de innovación	11
Innovación disruptiva	11
Innovación sostenida o incremental.....	12
Innovación de eficiencia	12
¿De dónde viene la innovación?	13
El proceso de innovación	14
Protección de la innovación	17
Indicadores de innovación	19
Indicador de madurez de una tecnología	19
Indicadores de innovación empresarial.....	21
Indicadores de innovación nacional.....	22
Obstáculos a la innovación.....	23
Innovación y emprendedurismo.....	25
La Innovación en las Empresas.....	27
La cultura de innovación	29
La innovación abierta	31
Empresas innovadoras	32
La innovación en Google.....	36
La innovación en Huawei	38
La innovación en Apple.....	39
La innovación en las universidades	42

La innovación en los países	46
Innovación y productividad	56
El papel de la Investigación y Desarrollo	61
El papel de las TIC en la innovación	65
La innovación en América Latina y el Caribe	69
Los sistemas nacionales de innovación	77
Políticas de innovación	84
Sistemas Nacionales de innovación.....	88
Estados Unidos.....	89
China, República Popular de.....	95
Suiza.....	105
Costa Rica	108
Consideraciones finales	133
REFERENCIAS.....	135

Acrónimos

AI	<i>Artificial Intelligence</i> (Inteligencia artificial)
AEC	Agencia Espacial Costarricense
ANG	Agencia Nacional de Gobierno Digital
CEA	Comisión de Energía Atómica
CENAT	Centro Nacional de Alta Tecnología
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CTI	Ciencia, tecnología e innovación
CONARE	Consejo Nacional de Rectores
ECA	Ente Costarricense de Acreditación
Eurostat	<i>European Commission's Directorate-General for Statistics</i>
GII	<i>Global Innovation Index</i> (Índice Global de Innovación)
INTA	Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
I+D	Investigación y desarrollo
I+D+i	Investigación, desarrollo e innovación
ITIF	Information Technology and Innovation Foundation
LAC	América Latina y el Caribe
MICITT	Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MEIC	Ministerio de Economía, Industria y Comercio
COMEX	Ministerio de Comercio Exterior
MICITT	Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i> (Organización para la cooperación y el desarrollo y la económico, OCDE)
PIB	Producto interno bruto
PPP	<i>Purchasing power parity</i> (paridad de poder de compra)
PROCOMER	Promotora de Comercio Exterior
RICYT	Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología
STEM	<i>Science, technology, engineering, and mathematics</i> (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas)
STEMM	<i>Science, technology, engineering, mathematics, and medicine</i> (ciencia, tecnología, ingeniería, matemática y medicina)
STEAM	<i>Science, technology, engineering, art, and mathematics</i> (ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemática)
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
WEF	<i>World Economic Forum</i> (Foro Económico Mundial)
WIPO	<i>World Intellectual Property Organization</i> (Organización Mundial de Propiedad Intelectual)

Justificación

“La innovación es el futuro entregado”

Jorge Barba

“Innovación es todo aquello que es nuevo, útil y sorprendente”

Drew Boyd

“La innovación es crear nuevo valor”

Diana Kander

La innovación es el proceso que crea valor a partir de algo nuevo. Como tal, un sistema nacional de innovación robusto es de las claves para el desarrollo de todo país pues cómo veremos más adelante, los países más prósperos del mundo sean aquellos que tienen sistemas de innovación prósperos, generalmente basados en un alto nivel de inversión en investigación y desarrollo (I+D), tanto presupuestos públicos como del sector privado.

Este trabajo de investigación hace un análisis profundo de varios sistemas nacionales de innovación, incluido el de Costa Rica, comprando sus componentes, actores, instituciones, fortalezas y debilidades. Al final se proponen algunas recomendaciones para mejorar el sistema nacional de innovación en Costa Rica.

Este estudio está muy focalizado en impacto de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) tienen en la innovación.

¿Qué es la innovación?

En la literatura encontramos a diferentes autores proponiendo formas similares de definir qué es la innovación, por ejemplo:

*“La innovación debe siempre centrarse en el mercado para producir valor”
Drucker (1985).*

“Una nueva forma de hacer las cosas que produce algún valor” Porter (1990).

“...La innovación es la capacidad de gestionar el conocimiento de forma creativa en respuesta a las demandas articuladas por el mercado y otras necesidades sociales” OECD (1999).

*“The transformation of the existing conditions into preferred ones”.
Kao (2007)*

“Algo diferente que crea valor” Anthony (2011).

“La innovación es el futuro entregado”. Jorge Barba.

“Innovación es todo aquello que es nuevo, útil y sorprendente”. Drew Boyd.

“Por definición una innovación debe contener algún grado de novedad, ya sea para la empresa, el mercado, o el mundo” Arkinson et al. (2012).

“La innovación es la comercialización exitosa de ideas novedosas, incluidos productos, servicios, procesos y modelos de negocio” WEF (2015).

“...es el proceso mediante el que nuevas ideas son desarrolladas, probadas, y puestas en el mercado por parte de un negocio” Rogers (2016).

“Una solución nueva para un problema importante”. Satell (2017).

“La innovación es crear nuevo valor”.
(Anthony, 2011).



Nótese de que todas estas definiciones se destacan dos términos principales: *novedad* y *valor*. El consumidor de la innovación (cliente) es quien define qué significa “novedoso”. Valor significa algún tipo de resultado medible tal como mayores ganancias, mejor desempeño, mejoras en la calidad de vida, o algún otro beneficio.

Entonces, la innovación es una invención (algo novedoso) que produce un valor económico. Ese algo novedoso puede ser una invención nueva en su tiempo pero que tal vez hoy vemos como sencilla y cotidiana. Aquí la invención de ese algo precede a la innovación, pero, sin valor económico, la primera no se convierte en la segunda. Entonces, no toda invención es una innovación ya que muchas invenciones o no son explotadas comercialmente o no llegan a tener éxito en el mercado (Foster y Kaplan 2001).

No importa la definición que usemos, y todas se parecen entre sí, la innovación es importante porque es un factor determinante el crecimiento económico, del empleo y del ingreso medio Atkinson et al. (2012). Es decir, es la innovación la que a largo plazo empuja el crecimiento económico de un país porque es la expresión más clara del mecanismo de destrucción creativa de Schumpeter: mejora la productividad y crea nuevas empresas (algunas veces a costas de algunas ya existentes). Entonces, la habilidad de innovar de una empresa o país está inherentemente ligada a su nivel de competitividad.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) define en el *Manual de Oslo* OECD (2018) la innovación como:

“Una innovación es un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ambos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad y que se ha puesto a disposición de usuarios potenciales (producto) o la unidad lo ha puesto en uso (proceso).”

“Manual de Oslo”, OECD (2018)

Por “la unidad” se refiere a una empresa, institución, gobierno, o algún otro tipo de organización.

Por innovación de producto o servicio se entiende crear un bien o un servicio completamente nuevo o mejorado de alguno anterior, que difiere significativamente de los bienes o servicios anteriores de la empresa y que se ha introducido en el mercado para generar valor.

La innovación de procesos de negocio consiste en introducir en una organización algún proceso de o función completamente nuevos o mejorados de alguna forma, que difiere significativamente de los procesos de negocio anteriores de la empresa. Por ejemplo, una mayor eficacia, eficiencia de recursos, confiabilidad y resiliencia, asequibilidad, conveniencia y usabilidad para aquellos involucrados en el proceso de negocio, ya sea externo o interno a la empresa.

La innovación es más que una nueva idea o un invento. Una innovación requiere implementación, ya sea poniéndola en uso activo o poniéndola a disposición de otras partes, empresas, individuos u organizaciones OECD (2018).

Con el objetivo de estandarizar la recolección de datos sobre innovación, la anterior definición es ampliada con los siguientes dos conceptos:

“Las actividades de innovación incluyen todas las actividades de desarrollo, financieras y comerciales que lleva a cabo una empresa y que tienen como objetivo generar una innovación para la empresa.”



Una innovación empresarial es un producto o proceso empresarial nuevo o mejorado (o una combinación de ambos) que difiere significativamente de los productos o procesos empresariales anteriores de la empresa y que ha sido introducido en el mercado o puesto en uso por la empresa.”

“Manual de Oslo”, OECD (2018)

Las definiciones básicas de innovación de producto y proceso empresarial son las siguientes:

“Una innovación de producto es un producto o servicio nuevo o mejorado que difiere significativamente de los productos o servicios anteriores de la empresa y que se ha introducido en el mercado.

Una innovación de proceso empresarial es un proceso empresarial nuevo o mejorado para una o más funciones empresariales que difiere significativamente de los procesos empresariales anteriores de la empresa y que la empresa ha puesto en uso.”
“Manual de Oslo”, OECD (2018)

Toda innovación debe contener algún grado de novedad, ya sea para la empresa, para el mercado, o para el mundo. Innovación es entonces más que I+D, y, por lo tanto, está influenciada por un conjunto de factores, algunos de los cuales dependen de las políticas que cada país implemente OECD (2018). Igualmente, la innovación no requiere necesariamente tecnología (Satell 2017), sino simplemente una idea de cómo hacer algo de manera diferente. La gran mayoría de las innovaciones exitosas explotan el cambio (Drucker, 1985).

Para medir el impacto de la innovación, el Manual de Oslo OECD (2018) recomienda recopilar la cantidad de ventas resultado de innovaciones de productos (tanto productos nuevos como mejorados combinados) para las innovaciones de productos introducidas durante el período de observación que eran nuevas en el mercado de la empresa. Y para la innovación de procesos, podría ser el porcentaje del personal de una empresa que se vio directamente afectado por estas innovaciones durante el período de observación, y el cambio en las ventas que puede atribuirse a la innovación en los procesos de negocio.

Pero más allá de la I+D, la innovación contempla una serie de actividades más allá de la investigación y Desarrollo (I+D) puramente, tales como:

- Cambios organizacionales
- Capacitación
- Pruebas y ensayo
- Mercadeo
- Diseño.

La innovación sistemática consiste en “la búsqueda organizada y con propósito del cambio, y el análisis sistemático de las oportunidades que tales cambios pueden ofrecer para la innovación social o económica” (Drucker 1985, pág. 35). La innovación sistemática monitorea las fuentes de oportunidades para la innovación, las que pueden traslapar y sus diferencias no estar muy claras en algunos casos.

Es difícil determinar dónde una innovación comienza y termina, y dónde inicia la siguiente.



Es difícil determinar dónde una innovación comienza, dónde termina, y dónde inicia la siguiente, porque casi toda invención se basa en invenciones anteriores. Lo que sí es cierto es que toda innovación está basada en innovaciones anteriores, es decir, no ocurren en el vacío. Más aún, desde la invención hasta que adquiere algún valor de mercado pueden pasar décadas de desarrollo posterior, inclusive por actores diferentes al inventor original. Esta evolución puede significar grandes gastos de investigación y desarrollo, desde resolver problemas teóricos hasta vencer obstáculos de producción y ventas, por lo que es casi imposible que una sola persona o empresa pueda hacerlo por sí misma, si no que necesita un ecosistema de innovación que le proporcione el ambiente preciso para hacerlo. Más adelante vamos a tratar el tema de los ecosistemas de innovación.

Según la OECD (1999), la innovación tiene actualmente las siguientes características:

- Depende cada vez más de la interacción eficaz entre la base científica y el sector empresarial (cooperación academia-industria).
- Los mercados más competitivos y el ritmo cada vez más acelerado de los cambios científicos y tecnológicos obligan a las empresas a innovar con mayor rapidez (demanda de innovación).
- La creación de redes y la colaboración entre empresas son ahora más importantes que en el pasado y cada vez más implican servicios intensivos en conocimientos (redes científicas, consorcios y clústers empresariales).
- Las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), especialmente las empresas basadas en nuevas tecnologías desempeñan un papel más importante en el desarrollo y la difusión de nuevas tecnologías.
- La globalización de las economías está haciendo que los sistemas de innovación de los países sean más interdependientes.

Por otro lado, es erróneo confundir la innovación con tecnología. Toda innovación es producto del ingenio humano, es decir, cualquier idea, aunque no sea tecnológica sofisticada o un avance científico importante, puede considerarse como una innovación siempre y cuando produzca algún beneficio tal como incremento en la productividad Alic (2011).

Tipos de innovación

Los primeros estudios sobre innovación datan de la década de los 1980s con los trabajos de Freeman (1987), Lundvall (1992) y Nelson (1993).

Lundvall (2019), inicialmente estudiando los sistemas nacionales de innovación de los países, y posteriormente en regiones específicas. Originalmente se equivalía mucho la innovación con la I+D y el desarrollo de la ciencia y tecnología (enfoque tecnócrata), pero posteriormente se han incorporado también el estudio de las capacidades de aprendizaje y construcción de competencias (enfoque social). Una persona u organización innovadora puede hacer ciencia e I+D, o puede no hacerla y aun así ser innovador Alic (2011).

Posteriormente, Christensen (1997) estudió mucho la innovación empresarial y propuso una de las mejores taxonomías o clasificaciones para entender los diferentes tipos de innovación es la propuesta por En este trabajo el autor enumera tres tipos de innovación: innovación disruptiva, innovación sostenida (incremental), e innovación de eficiencia. Los tres tipos de innovación coexisten y de hecho se retroalimentan una a la otra, tal y como muestra la Figura 1. Por ejemplo, una organización innovadora podría concurrentemente innovar de las tres formas en diferentes líneas de productos o servicios.

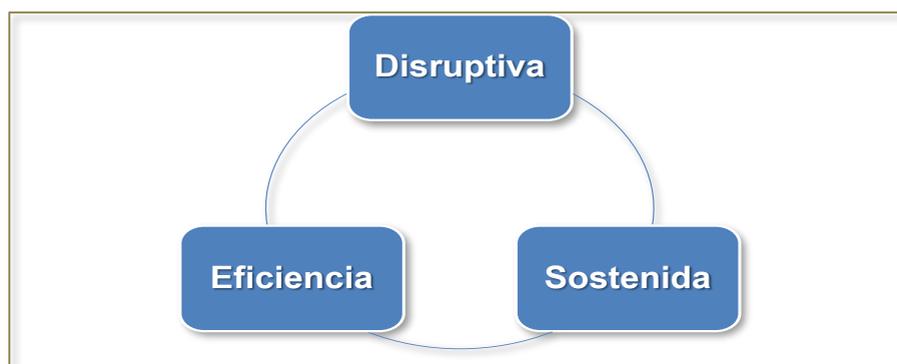


Figura 1. Los tres tipos de innovación.

Fuente: Christensen (1997).

Innovación disruptiva

Consiste en diseñar el producto con base en el problema a resolver, o tal vez resolver un problema que nadie había identificado: Este tipo de innovación impulsa el crecimiento económico y la creación de nuevos tipos de empleos, necesita generalmente de grandes inversiones de capital, tiene un efecto democratizador mediante el uso masivo de los productos pues los hace accesibles y asequibles, pero tiene una menor tasa de retorno sobre la inversión (TIR)¹ ya que genera

ganancias a un plazo largo. El ejemplo más actual es la inteligencia artificial (AI) y todas sus aplicaciones, la que se ha convertido en una industria de muy alto valor económico.

Innovación sostenida o incremental

Consiste en sostener y evolucionar un producto existente ya comercializado mediante la extensión de sus capacidades. Mucha de la innovación actual es de este tipo. En este tipo de innovación las grandes compañías tienen toda la ventaja en contra las nuevas entrantes por su capacidad de inversión y su posición establecida en el mercado. Esta clase de innovación crea mejores productos todo el tiempo y genera crecimiento sostenido en la empresa fabricante, aumentando las ganancias y el porcentaje del mercado, pero tiende a crear poco crecimiento neto y no crea mayores empleos. Por ejemplo, principales fabricantes de teléfonos inteligentes introducen constantemente nuevos modelos con capacidades mejoradas, con incrementos significativos de costo para el usuario.

Christiensen (1997) acuñó el término el “*dilema del innovador*” preguntándose si las empresas deberían hacer mejores productos con mejores márgenes de ganancia (e.g., teléfonos más lujosos), o deberían fabricar productos de menor calidad y bajar los márgenes de ganancia (e.g., teléfonos económicos)? Los líderes ya establecidos en una industria casi siempre tienen la ventaja en innovación sostenida, mientras que los nuevos jugadores generalmente tienen más éxito en la innovación disruptiva. Y precisamente ese es el dilema del innovador: las innovaciones sostenidas son tan importantes y atractivas que las empresas existentes muchas veces ignoran la innovación disruptiva hasta que es muy tarde. Por ejemplo, Tesla era el fabricante más grande de automóviles eléctricos y dominaba el mercado con productos *premium* de alto costo, pero en los últimos años se ha visto sorprendido por nuevos modelos de empresas chinas tales como Geely y BYD que comenzaron produciendo autos muy básicos y baratos, pero que fueron ascendiendo en la categoría de sus productos y actualmente están produciendo automóviles mucho más baratos con básicamente las mismas características, adquiriendo un porcentaje de mercado importante.

Innovación de eficiencia

Mayor eficiencia significa hacer más con menos para bajar costos y mejorar la productividad, lo que hace el producto más accesible y asequible para el usuario final. Es aquí donde las nuevas compañías (*startups*) muchas veces ganan mercado haciendo disrupción. Este proceso tiende a eliminar empleos y crear grandes flujos de caja por la disminución de costos. Ejemplos de este tipo de disrupción son la empresa china BYD que está cambiando el mercado de autos eléctricos produciéndolos de manera económica y con un alto grado de calidad. Este tipo de innovación tiene un mejor TIR pues genera ganancias en un menor tiempo y permite a nuevas empresas expandirse rápidamente.

¿De dónde viene la innovación?

Las fuentes de innovación son múltiples. Según von Hippel (1988), en algunos campos los consumidores (usuarios) de la innovación desarrollan la mayoría de las innovaciones, mientras que en otros son los proveedores de componentes y materiales (proveedores) relacionados con la innovación los que conforman las fuentes típicas de innovación, y aún en otros campos más, el conocimiento común se sostiene y son los fabricantes (productores) de productos los típicos innovadores. Entonces, hay tres vistas: usuarios, proveedores, y fabricantes de la innovación. El ente innovador se define como el individuo, grupo o empresa que primero desarrolla una innovación hasta un estado útil, tal y como lo demuestran datos que documentan la producción de alguna salida útil, tales como patentes, por ejemplo.

Así pues, los productos, procesos y servicios innovadores pueden venir de cualquier actor en el ecosistema, a saber:

1. **El sector público:** La realidad es que aún en los países para capitalistas y de mayor libertad económica del sector privado, muchas de las innovaciones más trascendentales se han producido gracias a alguna intervención gubernamental directa Block (2011). Por ejemplo, la invención de ARPANET, la madre de la Internet, fue un proyecto financiado por el Departamento de Defensa de EE.UU., y fue inicialmente un proyecto militar, luego académico, y posteriormente comercial.
2. **El sector privado:** Las empresas privadas son grandes generadoras de innovaciones, especialmente en los países más desarrollados. Por ejemplo, el transistor, base fundamental de los microprocesadores, fue inventado en 1947 por tres investigadores de Bell Labs (entonces laboratorio de I+D de AT&T), y los teléfonos móviles fueron desarrollados inicialmente por Motorola en 1972. Muchas de estas innovaciones terminan en alguna patente.
3. **El sector académico:** Constituido por universidades, centros e institutos de investigación públicos y privados. Este sector a menudo trabaja en proyectos conjuntos con alguna entidad privada y comparten los beneficios de la innovación. Algunas de estas innovaciones terminan en alguna patente. Fue el sector académico (Stanford University), financiado con \$4,5 millones de la *National Science Foundation* (gobierno federal) de EE. UU. que desarrolló el primer algoritmo de búsqueda de lo que después se convertiría en Google.
4. **El sector de organizaciones no estatales:** algunos de ellas pueden estar constituidas como organizaciones no gubernamentales (ONG). Por ejemplo, el CERN (*European Organization for Nuclear Research*) con sede en Ginebra, Suiza, es un centro multinacional de investigación en física de partículas que le pertenece y es financiado por sus 24 países miembros.
5. **El sector de organizaciones internacionales:** algunas de ellas como la OECD producen innovaciones importantes. Por ejemplo, la OECD ha desarrollado el *Manual de Oslo* OECD (2018) y el *Manual de Frascati* OECD (2015) para unificar la manera como los países miden la innovación.

El proceso de innovación

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) define la innovación es un proceso creativo e interactivo que involucra instituciones comerciales y no comerciales que depende del progreso científico tecnológico OECD (1999). Esto hace que no sea necesariamente un proceso lineal que se pueda explicar como una liga entre inversiones en I+D y crecimiento económico, sino que está influenciada por múltiples factores. Aún más, los indicadores de innovación sufren de ciertas limitaciones OECD (2018). En contraposición, se ha ido consolidando una perspectiva más integral para orientar las intervenciones públicas en este campo, en la cual el dinamismo que alcanza la innovación en una sociedad resulta tanto de las capacidades disponibles como de la densidad de las relaciones que se establecen entre los distintos actores.

La I+D comprende el trabajo creativo y sistemático realizado con el objetivo de aumentar el volumen de conocimiento (incluyendo el conocimiento de la humanidad, la cultura y la sociedad) e idear las nuevas aplicaciones de conocimiento disponible OECD (2018).

La I+D tal y como la define la OECD (2018), involucra tres actividades:

1. **Investigación básica:** “consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden fundamentalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin pensar necesariamente en darles ninguna aplicación o utilización determinada. La mayoría de la I+D que realizan las universidades y centros de investigación es de este tipo”.
2. **Investigación aplicada:** “consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos, pero está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico. La mayoría de la I+D que hacen las empresas se realiza con este fin”.
3. **Desarrollo experimental:** “consiste en trabajos sistemáticos fundamentados en los conocimientos existentes obtenidos a partir de la investigación o la experiencia práctica, y producción de nuevos conocimientos que se dirigen a la fabricación de nuevos productos o procesos, o a la mejora de los productos o procesos que ya existen”.

En esta perspectiva, según Rivas et al. (2014). la liga entre la ciencia y la innovación son mucho más difusas pues existe un proceso repetido de vinculación y articulación entre las mismas, tal y como se muestra en la Figura 2. La investigación básica genera conocimiento y produce tecnologías que tienen un uso potencial, y la investigación aplicada adapta este conocimiento a aplicaciones reales. Estos dos tipos de investigación van a menudo de la mano.



Figura 2. El modelo iterativo del proceso de innovación

Fuente: Adaptado de Rivas y Rovira (2014).

El proceso de desarrollo termina definiendo los productos y servicios que son mercadeados mediante la fase de comercialización. En las etapas de este proceso dinámico existen flujos de retroalimentación. También a menudo se descubren nuevas aplicaciones no previstas de tecnologías ya desarrolladas. Los centros de investigación y las universidades (públicos y privados) están más capacitados para la investigación “pura”, mientras que la industria está más orientada a encontrarle valor económico a los resultados de la investigación. Con algunas importantes excepciones, es raro encontrar departamentos de investigación pura dentro de empresas, mientras que las universidades por ejemplo prefieren comercializar los productos de su investigación mediante la creación de nuevas empresas (“*spin offs*”) pues son más ágiles haciéndolo de esa forma.

En este modelo, los tres actores, a saber, el sector productivo, las universidades y centros de investigación, y las instituciones gubernamentales se complementan en una sinergia que permite mejorar las capacidades del sistema de innovación (Rivas y Rovira, 2014).

Examinemos este modelo con el ejemplo de la producción de microprocesadores. La figura 3 muestra las cuatro fases o pasos principales en la cadena de producción de microprocesadores, y las principales empresas a nivel mundial que las hacen. El desarrollo de microprocesadores pasa por cuatro fases principales: diseño, fabricación, ensamblaje, y empaque y comercialización (como parte de un producto de usuario final). Las primera y última etapa son las que mayor valor agregado proporcionan, donde el valor agregado de cada fase está determinado por la cantidad de innovación que requiere.

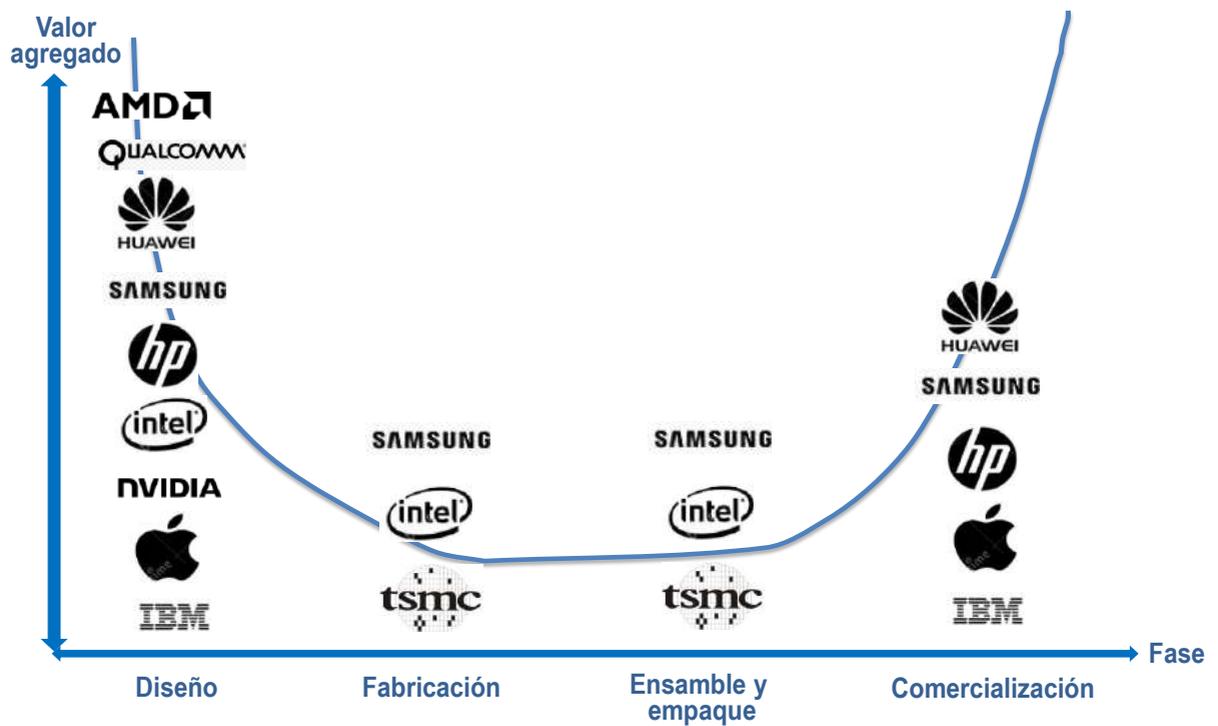


Figura 3. Ejemplo de la cadena de valor en el desarrollo de microprocesadores.
Fuente: elaboración propia.

Protección de la innovación

Existen diversas formas mediante las que las personas, empresas y los países pueden proteger legalmente alguna invención que sea resultados de alguna innovación. La más conocida y utilizada son las patentes.

Existe el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT) que ofrece asistencia a los solicitantes que buscan protección internacional por patente para sus invenciones y asiste a las oficinas en las decisiones de cada país sobre el otorgamiento de patentes. El PCT pone el acceso público a la extensa información técnica con relación a las invenciones patentadas en 157 países del mundo. Costa Rica es miembro del PCT desde 1999. La figura 4 muestra el número de patentes registradas anualmente en la WIPO hasta finales del 2023.

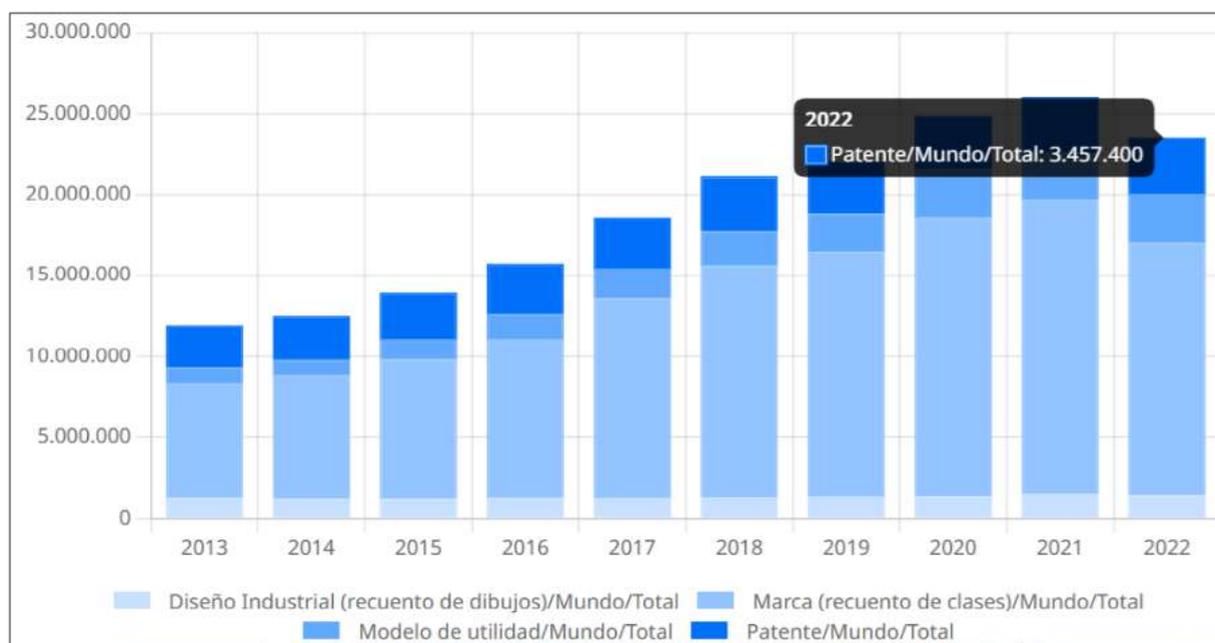


Figura 4: Número de patentes registradas anualmente en la WIPO hasta finales del 2023

Fuente: Base de datos estadísticos de la WIPO (diciembre de 2023).

<https://www3.wipo.int/ipstats>

La figura 5 muestra el número de patentes registradas por país en la WIPO en 2022. China es el primer país con 1,6 millones de patentes registradas, seguido de EE. UU. con 594 mil y Japón con 289 mil.

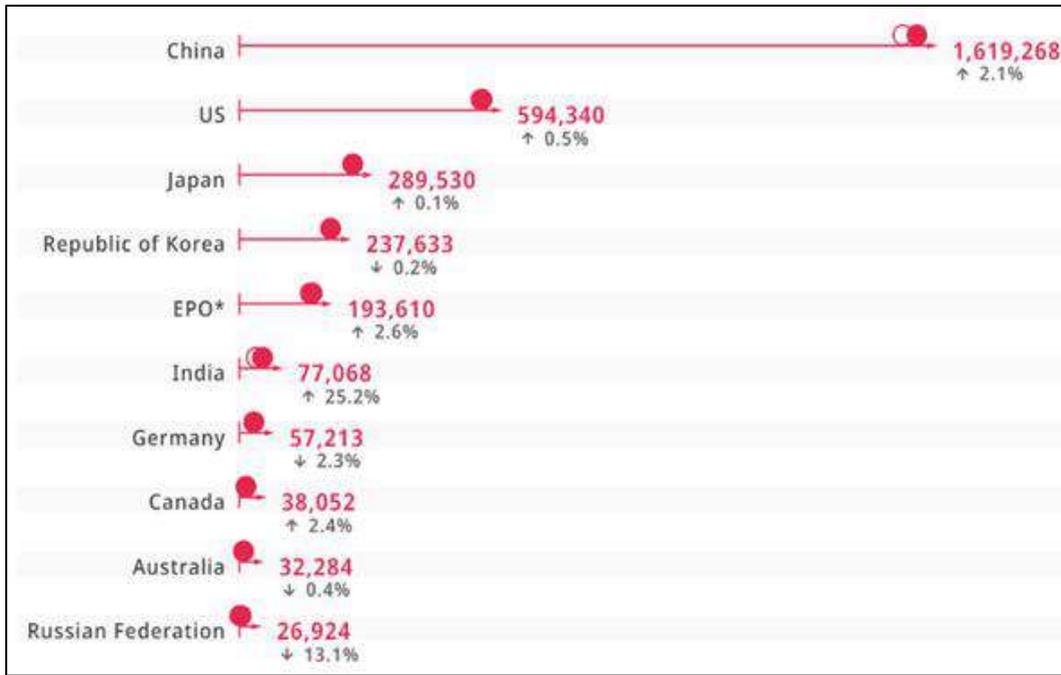


Figura 5: número de patentes registradas por país en la WIPO en 2022

Fuente: Base de datos estadísticos de la WIPO (diciembre de 2023).

<https://www3.wipo.int/ipstats>

En el caso de Costa Rica, la figura 6 muestra el número de patentes registradas en los últimos 6 años. La mayoría de las patentes son registradas por no residentes, lo que refleja una poca capacidad endógena de innovación.

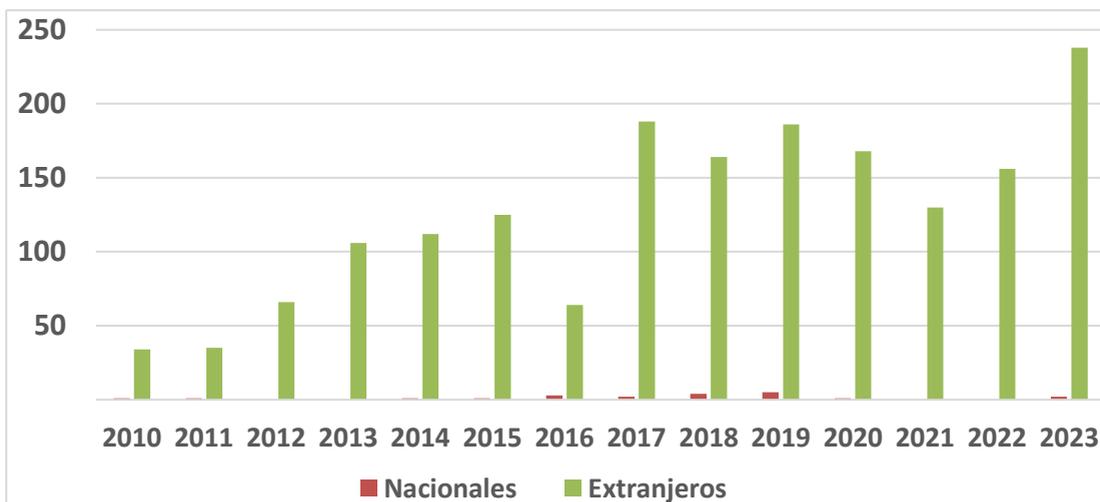


Figura 6. Patentes concebidas en Costa Rica de 2010 a 2023.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el Registro de la Propiedad Industrial a junio 2024.

Indicadores de innovación

Los indicadores de innovación se utilizan para comparar la capacidad de innovación de organizaciones y países. Utilizar un conjunto estándar de indicadores nos permite obtener claridad y mayor objetividad en los procesos medición de la innovación. Inclusive se pueden utilizar para determinar el nivel de madurez de una tecnología específica.

Desde 1963 la OCDE ha publicado una serie de manuales de medición bajo el título “*La medición de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación*”, donde presenta directrices y propuestas metodológicas acordadas internacionalmente para la recopilación, la presentación de informes y el uso de datos e indicadores sobre ciencia, tecnología e innovación (CTI) OECD (2018).

El Manual de Oslo, publicado por primera vez en 1992, elabora una serie de directrices y procedimientos para la medición. Desde 1992, el Manual de Oslo ha sido el estándar internacional de referencia para conceptualizar y medir la innovación. Como tal, el manual proporciona directrices claras para la recopilación e interpretación de datos sobre innovación. Su objetivo es facilitar la comparabilidad internacional y proporciona una plataforma para la investigación y la experimentación en materia de medición de la innovación. Las directrices propuestas están dirigidas a las instituciones nacionales de estadística y a otros productores de datos tales como secretarías o ministerios sobre el diseño, la recopilación y la publicación de indicadores de innovación. En 2018 la OECD publicó la cuarta edición del *Manual de Oslo* OECD (2018) como un conjunto de directrices para los países que son una combinación de normas estadísticas formales, innovación a nuevos dominios mediante el uso de herramientas existentes y nuevas.

La OCDE también publicó en 2015 el llamado “*Manual de Frascati*” OECD (2015), que complementa el Manual de Oslo proveyendo directrices estadísticas de la OCDE sobre la medición de la CTI. El Manual de Frascati proporciona la definición de la Investigación y el Desarrollo Experimental (I+D), así como la de sus componentes, la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental.

Indicador de madurez de una tecnología

Existe una escala de medición para determinar la madurez de una tecnología específica propuesta por la NASA llamada *Technology Readiness Level* (TRL) NASA (2024). Este indicador sirve para identificar la correspondencia de las actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) con las diferentes etapas del desarrollo tecnológico. Como todo modelo, corresponde a una simplificación práctica de la realidad, por lo que debe interpretarse de acuerdo con el contexto. Este concepto fue desarrollado en la NASA durante la década de 1970 para programas específicamente para tecnologías espaciales, pero se puede generalizar para cualquier otra

tecnología.

La escala actual de la NASA define nueve niveles madurez para una tecnología que se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Escala de madurez de tecnología de la NASA.

Fuente: NASA (2024).

Nivel	Descripción
TRL 1	Principios básicos observados y documentados
TRL 2	Concepto de tecnología y/o aplicación formulados
TRL 3	Prueba de concepto de función crítica demostrada en forma analítica y experimental y / o característica
TRL 4	Validación de componentes y / o placas de prueba en entornos de laboratorio
TRL 5	Validación de componentes y / o placas de pruebas en un entorno relevante
TRL 6	Modelo de sistema / subsistema o demostración de prototipo en un entorno relevante (terreno o espacio)
TRL 7	Demostración del prototipo del sistema en un entorno espacial
TRL 8	Sistema real completado y "calificado para vuelo" mediante prueba y demostración (en tierra o espacio)
TRL 9	Sistema real "probado en vuelo" a través de operaciones de misión exitosas

La Unión Europea (UE) hizo posteriormente una adaptación del modelo, que se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Escala de madurez de tecnología de la UE.

Fuente: NASA (2024).

Nivel	Descripción
TRL 1	Principios básicos observados
TRL 2	Concepto de tecnología formulado
TRL 3	Prueba experimental de concepto
TRL 4	Tecnología validada en laboratorio
TRL 5	Tecnología validada en un entorno relevante (entorno industrialmente relevante en el caso de tecnologías habilitadoras clave)
TRL 6	Tecnología demostrada en un entorno relevante (entorno industrialmente relevante en el caso de tecnologías habilitadoras clave)
TRL 7	Demostración del prototipo del sistema en un entorno operativo
TRL 8	Sistema completo y calificado
TRL 9	Sistema real probado en el entorno operativo (fabricación competitiva en el caso de tecnologías habilitadoras clave; o en el espacio)

Este modelo se puede aplicar a una tecnología en general (por ejemplo, Inteligencia Artificial), o a un producto o servicio específico (por ejemplo, CHAT GPT4).

Indicadores de innovación empresarial

Existen también varios indicadores que se han propuesto para medir el nivel de una organización empresarial. Estos indicadores incluyen:

- Número de nuevas ideas propuestas.
- Porcentaje de ideas seleccionadas para su aplicación.
- Número de proyectos sin éxito (fracasados).
- Velocidad de comercialización.
- Ingresos generados por nuevas ideas.
- Porcentaje de ventas de nuevos productos.

Natalia Béjar en Béjar (2024) resume muy bien un conjunto de indicadores de innovación para empresas en una matriz de cuatro cuadrantes que los categoriza, tal y como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Clasificación de indicadores de innovación empresarial.

Fuente: Béjar (2024)

Toda organización, sea una empresa privada o una institución pública, puede utilizar un subconjunto de estos indicadores para evaluar constantemente su capacidad innovadora. Por ejemplo, podría tomar un indicador de cada uno de los cuadrantes de la matriz en la figura 4 y evaluarlos a través del tiempo.

Indicadores de innovación nacional

También e puede aplicar indicadores para medir la innovación tecnológica es cierto para países. Un primer acercamiento sería medirla a través de cuatro indicadores básico:

1. Solicitudes de patentes vía internacional. ...
2. Número de patentes otorgadas. ...
3. Regalías o *royalties* que esas patentes ofrecen a los países. ...
4. Exportaciones de alta tecnología

Más adelante veremos en detalle el índice llamado *Índice Global de Innovación* (GII) como un indicador compuesto para medir los sistemas de innovación de los países.

Obstáculos a la innovación

La OECD ha desarrollado un modelo para describir las restricciones a la innovación (OECD, 2015a). Esta clasificación de factores, que se muestra en la Figura 8, pretende explicar las razones por las que un país puede o no experimentar algún nivel de innovación. Por ejemplo, el bajo nivel del capital humano, la infraestructura inadecuada y una pobre calidad institucional generalmente están presentes en países menos avanzados económicamente y producen un bajo retorno social y una escasa capacidad de innovación.

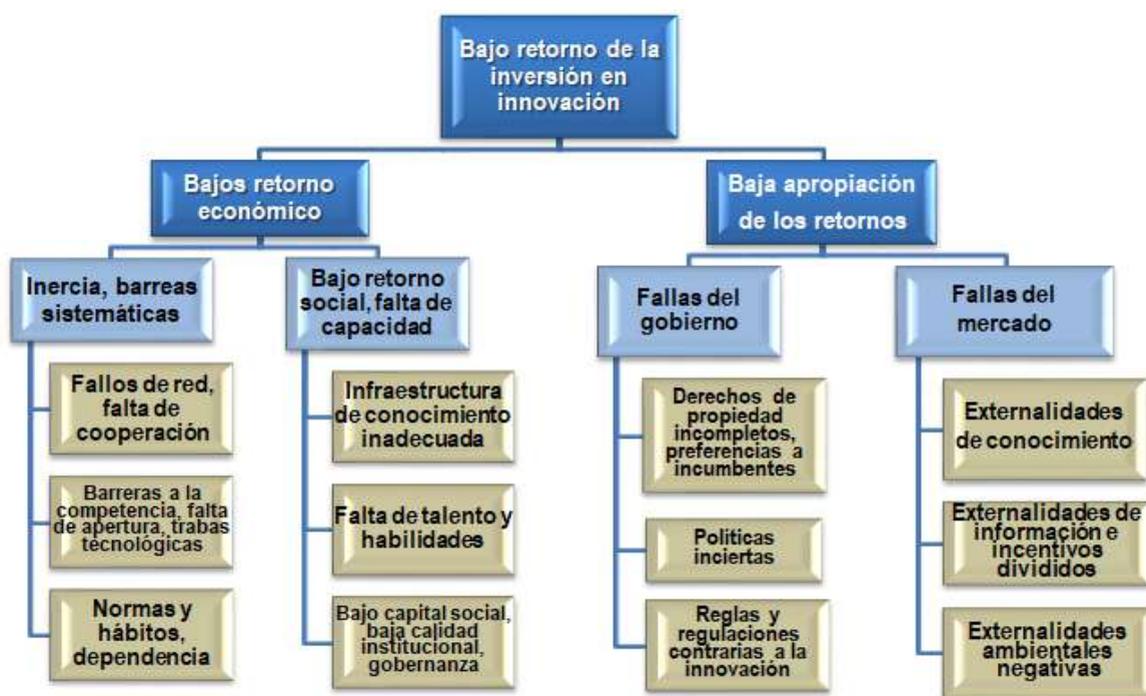


Figura 8. Obstáculos a la innovación.

Fuente: OECD (2015a).

Como veremos más adelante, en el caso de Costa Rica, el país padece de varios de estos problemas en su sistema de innovación.

Sobre los impedimentos u obstáculos a la innovación, en el caso de empresas en Latinoamérica y el Caribe (LAC), Morales y León (2017) cita las siete razones principales por las que no despegan la innovación:

1. La disrupción no es un imperativo estratégico. Para sobrevivir se requiere una doble transformación simultánea: (1) reposicionar el negocio base para hacerlo más competitivo

ante la disrupción; (2) empezar a crear el negocio del futuro, que es el que va a sobrevivir cuando el negocio base eventualmente desaparezca.

2. Se quiere crear la empresa del futuro con los planes del pasado. Olvídense de los análisis FODA, pilares y objetivos estratégicos tradicionales, para centrarse en una estrategia radicalmente distinta a la de sus competidores. Para hacer algo realmente innovador, se debería estar sembrando las semillas hoy mismo para que puedan germinar en los años venideros.
3. La estrategia de innovación no tiene metas claras. Según diversos estudios, una estrategia de innovación con metas económicas concretas puede ayudar a obtener tasas de éxito 3 veces mayores, del 25% hasta un 75%.
4. Los tiempos de desarrollo están ahogando los proyectos. Si desea generar ideas verdaderamente disruptivas y acelerar el tiempo al mercado, se necesita optimizar el proceso de innovación para producir y ejecutar ideas disruptivas en menos tiempo. Sólo así se podrá conseguir victorias que protejan la competitividad del negocio y justifiquen el financiamiento del programa de innovación.
5. No hay un entendimiento profundo de las necesidades del cliente. Las empresas deben centrar sus esfuerzos de investigación y búsqueda de oportunidades en lo que sus clientes están tratando de lograr en una circunstancia específica, sin dejar de lado las capacidades para implementar, monetizar y proteger esa innovación.
6. El programa de cultura se queda en la mesa de ping pong. Es de sobra conocido que cualquier programa de innovación muere si la empresa no cuenta con una cultura que lo apoye. Una cultura adversa al riesgo es visto como el obstáculo más importante para que una empresa obtenga un retorno sobre su inversión en innovación.
7. La experiencia del cliente nunca ha sido medida ni diseñada. Medir formalmente la experiencia actual del cliente es clave para conocer el grado de satisfacción de estos y poder retenerlos.

Innovación y emprendedurismo

Aunque existe una relación importante entre innovar y emprender, en la vida real se puede emprender sin innovar, y se puede innovar sin emprender. El secreto de un buen sistema de innovación es como emparejar estas dos cosas.

Peter Drucker, uno de los estrategas más de mercado más conocidos del siglo XX, afirma que:

“La prueba de una innovación no es su novedad, ni su contenido científico, ni el ingenio de la idea... es su éxito en el mercado” Drucker (1985).

La palabra emprendedor fue originalmente propuesta por el economista francés Jean Baptiste Say en 1800 para referirse a una persona que hace disrupción, o como diría Joseph Schumpeter, hace “destrucción creativa”.

Según GEM (2023), el emprendimiento es la acción de iniciar o administrar un nuevo negocio para traer nuevos productos y tecnologías al mercado y convertir las ideas de los emprendedores en bienes y servicios tangibles que los consumidores u otras empresas quieren comprar.

Según el economista Schumpeter, la innovación conlleva necesariamente lo que él llama “*un proceso de destrucción creativa*”, en el que nuevas empresas se crean y entran al mercado y eventualmente reemplazan a las empresas existentes que entran en declive

“El impulso fundamental que establece y mantiene el motor capitalista en movimiento proviene de los nuevos consumidores, los bienes, los nuevos métodos de producción o transporte, los nuevos mercados, las nuevas formas de organización industrial que esa empresa capitalista crea”. Schumpeter (1942)

Según Schumpeter, un emprendedor es más que una persona de negocios, es alguien que crea un negocio, pero a partir de algo nuevo, algo innovador Drucker (1985). Esto puede ser hecho por pequeñas empresas nacientes (*startups*) o por grandes corporaciones ya establecidas en el mercado. El verdadero empresario innova de alguna forma. En otras palabras, la innovación es el instrumento mediante el cual un empresario llega a ser exitoso.

Por ejemplo, la empresa Apple no inventó ninguna nueva tecnología cuando introdujo la Ipod en 2001, sino que juntó varias tecnologías ya existentes y probadas en un mismo dispositivo portátil asequible y agradable con un software simple y fácil de usar, y creó así una demanda por un nuevo producto. Posteriormente, innovó la manera como se comercializaba la música hasta ese entonces, vendiéndola digitalmente (desmaterializada) en la Apple Itunes. Años después, Spotify entra al mercado con un modelo de suscripción en vez de compra, haciendo así una innovación de mercadeo de un producto (música) que ya existía.

Así pues, la innovación es un término económico o social, más que un término técnico. Se puede definir como “el cambio en el rendimiento de los recursos”, es decir, como el cambio en el valor y la satisfacción del cliente, obtenida de la inversión de recursos. Resulta casi paradójico entonces que

innovaciones resultado de grandes avances técnicos pueden resultar en nada valioso, mientras que innovaciones modestas sin gran contenido técnico o científico novedoso pueden resultar en un gran negocio desde el punto de vista financiero.

El proyecto GEM es el resultado del esfuerzo académico y de coordinación interinstitucional de 73 países que comprenden el 74% de la población mundial y el 87% en términos del Producto Interno Bruto (PIB) mundial de esas economías y que constituye el proyecto de investigación sobre emprendimiento más importante a nivel mundial. En Costa Rica la investigación del GEM es el resultado del trabajo de colaboración conjunta entre la Cátedra de Innovación y Desarrollo Empresarial de la UCR, la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR) y la Asociación Incubadora Parque Tec. En el GEM se denomina emprendedores (as) en etapas iniciales a la proporción de la población adulta y nacional que es dueña de un negocio que no supera los 3,5 años de antigüedad GEN (2023). La versión 2023 de su reporte, que estudió 46 economías (Costa Rica no incluida) concluye lo siguiente:

- La educación empresarial en la escuela en la mayoría de las economías sigue siendo considerada mala.
- Los niveles más altos de actividad empresarial se encuentran en América Latina y Región del Caribe, con las cinco tasas más altas de adultos que inician y ejecutan nuevas empresas provenientes de esta región. Esto a pesar de que dentro de las regiones LAC hay mucha divergencia.
- Los expertos de la mayoría de las economías (37 de 49) calificaron el apoyo social a las mujeres como insatisfactorio.
- Muchos empresarios nuevos y establecidos están contribuyendo a con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- Los emprendedores tienen un alto nivel de resiliencia.
- Las economías pueden tener un excelente entorno empresarial independientemente de su nivel de ingresos. Los ejemplos incluyen India y China.

La Innovación en las Empresas

Michael Porter afirma que la innovación generalmente llega a una empresa por alguna de cinco causas principales Porter (1990):

1. Nuevas tecnologías, que puede influenciar cómo se diseña, fabrica, vende o distribuye un producto o servicio.
2. Nuevas necesidades de los clientes, algunas veces creados por cambios en sus prioridades.
3. La creación de un nuevo segmento de mercado, o el reagrupamiento de los ya existentes.
4. Cambios en los costos de los insumos, tales como mano de obra, materias primas, energía (petróleo y electricidad) transporte, medios de comunicación, o maquinaria de producción.
5. Cambios en las regulaciones gubernamentales, tales como nuevos estándares de calidad y de seguridad, mayores controles ambientales, así como cambios en las restricciones de importación y exportación (e.g., tratados de libre comercio).

La innovación --o la falta de ella-- puede alterar significativamente la ventaja competitiva de una empresa. Puede venir desde adentro de la misma organización (por cambios en su estructura o su personal), cuando la empresa se diversifica, o puede también venir proveniente de otro país. Muchas veces empresas u otros actores expertos a una industria pueden estar mejor equipados para percibir nuevas oportunidades de innovar. Compañías que innovan no son necesariamente los líderes de la industria en un segmento particular, y cuando son empresas grandes las que innovan es porque son empresas que ya tenían su posición de liderazgo en alguna otra industria.

El sostenimiento de las ventajas competitivas requiere del cambio permanente, pero esto puede ser doloroso y difícil, especialmente para empresas ya exitosas, esto debido al efecto de la autocomplacencia con el éxito ya conseguido que produce inercia organizacional y una sensación de falsa seguridad. El comportamiento entonces requerido para sostener la ventaja competitiva es muchas veces poco natural para algunas compañías. Muy pocas empresas implementan mejoras significativas por sí mismas, sin que sean forzadas por la competencia.

Por otro lado, en Foster et al. (2001) los autores proponen una escala logarítmica para medir el nivel de innovación que realizan las empresas donde proponen tres niveles posibles de innovación, tal y como muestra la Figura 9:

- **Incremental:** se caracteriza por lo que no cambia, en vez de lo que cambia. Es atrayente para las empresas pues no hay que cambiar mucho. Son mejoras a lo existente, pero no mejoras significativas. Este tipo de innovación es practicada por casi cualquier empresa. Por ejemplo, un nuevo modelo de teléfono inteligente con algunas características adicionales o mejoradas.
- **Sustancial:** son muchas veces la segunda generación de una innovación transformacional anterior. Por ejemplo, Microsoft Windows con respecto a *Microsoft DOS* como sistema operativo para computadoras personales, que representa una mejora considerable del producto, pero en la misma línea de la versión anterior.

- **Transformacional:** puede crear nuevos mercados, cambiar las reglas del comercio, crear gran cantidad de valor, vencer competidores, e inspirar a nuevas generaciones. Generalmente destruye competidores y redefine las reglas del mercado. Comúnmente este tipo de innovación es implementada por nuevas empresas y no por las ya existentes y establecidas en el mercado, aunque empresas establecidas también pueden hacerlo. Muchas corporaciones ahora tienen algún modelo de incubadora de tecnología híbrida para aprovechar las alianzas con empresas nuevas y ágiles, o para generar nuevos *startups* WEF (2016). Por ejemplo, los nuevos modelos de automóviles eléctricos están haciendo una gran disrupción en el mercado mundial y amenazando la competitividad de los fabricantes ya establecidos.

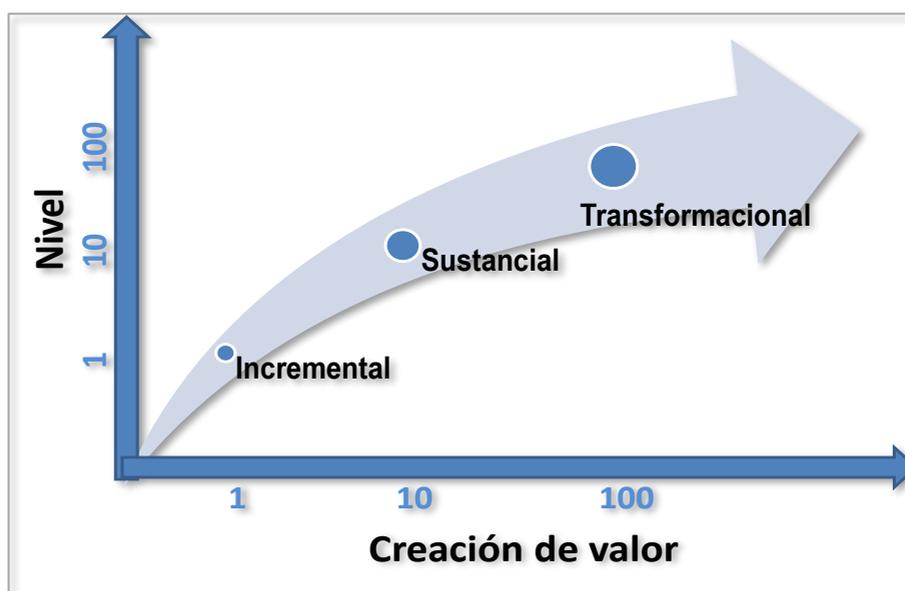


Figura 9. Escala logarítmica de creación de valor.

Fuente: Foster et al. (2001)

En el largo plazo, los productos y servicios pierden competitividad en el mercado, por lo que los esfuerzos de I+D+i deben ser dirigidos en el nivel más alto hacia desarrollar nueva funcionalidad que logre la diferenciación en el mercado.

A nivel de cultura organizacional, las empresas innovadoras reúnen una serie de elementos que las hacen innovadoras, entre ellos los siguientes Jaruzelki et al. (2011):

- Una estrategia de innovación bien enfocada
- Una estrategia comercial sólida.
- Un conocimiento profundo del cliente

Costa Rica también carece de una “cultura de la innovación”, un clima que produce un colectivo entusiasmo por la creatividad y glorifica a los innovadores productivos de la misma manera que grandes artistas o atletas son glorificados y eso desafía a las personas a tomar riesgos sin miedo a ser estigmatizado por el fracaso Monge (2016). Esta falta de

cultura innovadora explica en gran parte el bajo número de investigadores, en términos per cápita, que trabajan en este país, y explica por qué la inversión en I+D es muy baja en Costa Rica.

Las empresas no llevan a cabo las actividades de innovación de manera aislada, sino dentro de redes de actores que dependen altamente del entorno externo a nivel sectorial, regional y nacional. Entonces, la efectividad de un sistema nacional de innovación depende directamente de cómo se articulan estas interdependencias pues estas influyen en los procesos de adopción, creación, difusión y uso de conocimiento en una economía Monge (2020).

La cultura de innovación

Para entender mejor la influencia de la cultura en los sistemas nacionales de innovación, la OECD ha propuesto un marco de trabajo de políticas para mejorar la cultura innovadora de una nación OECD (2015a). La Tabla 3 presenta un análisis de los que podría ser una evaluación actual del sistema nacional de innovación de Costa Rica utilizando este marco de trabajo.

Tabla 3. Marco de trabajo de la OECD para programas de innovación.

Fuente: adaptado de (OECD 2015a).

Esfera	Población meta	Instrumentos	Nivel de Costa Rica
Sociedad Civil	Jóvenes y adultos	Diálogo abierto (talleres, conferencias, estándares)	Alto. Hay una alta participación en la elaboración de políticas y planes nacionales de ciencia, tecnología e innovación.
		Participación en diseño de políticas de ciencia y tecnología (consulta pública)	Alto. Los planes PNCTI y la Política de Sociedad y Economía Basadas en el Conocimiento liderados por el MICITT pasaron por un proceso de elaboración y consulta pública.
		Comunicación de la ciencia (centros o museos de ciencia, ferias y exhibiciones científicas, divulgación en medios (TV, radio, prensa), programas de acercamiento de científicos)	Medio. El MICITT realiza ferias nacionales de ciencia y tecnología y programas de innovación anualmente. Existen programas en TV (Canal 15 UCR, Canal 13). Hay programas de acercamiento de científicos.
Sistema educativo	Estudiantes (de todos los niveles)	Premios y competencias en ciencia e innovación	Alto. MICITT organiza anualmente las ferias de ciencia y tecnología y la olimpiada nacional de robótica. Intel auspicia <i>ISEF Challenge</i> . Existen a nivel privado competencias de innovación (<i>Yo Emprendedor</i> , <i>Grupo Cuesta de Moras</i>).
		Iniciativas de educación formal	Bajo: el empresarialismo se

Lugares de trabajo		(cursos, currícula nueva)	enseña en algunas escuelas de negocios de universidades. No es un tema transversal en la educación pública.
		Nuevas prácticas pedagógicas y formación de redes (puestas en práctica, laboratorios experimentales, aprendizaje participativo, modelos de roles y mentorías)	Bajo: la educación pública ha cambiado muy poco en sus prácticas pedagógicas, tanto a nivel de escuela y colegio como superior.
	Maestros	Construcción de capacidades, incluyendo el diseño de métodos y materiales de enseñanza	Bajo: la educación pública ha cambiado muy poco en sus prácticas pedagógicas. No se incentiva la innovación y el empresarismo.
		Oportunidades de capacitación, conferencias y talleres de concientización, incentivos financieros	Bajo: escasas oportunidades de capacitación. No hay incentivos financieros.
	Academia (investigadores, doctorandos, post doctorandos)	Oportunidades de capacitación (propiedad intelectual, <i>startups</i>), conferencias y talleres de concientización	Bajo: escasas oportunidades de capacitación. Algunas incubadoras privadas la ofrecen a un costo alto.
		Apoyo a la comercialización de productos de investigación (esquemas de remuneración, criterios de desempeño y promoción, doctorados industriales)	Medio: existen oficinas de comercialización y propiedad intelectual en las universidades públicas. Hay criterios de remuneración y promoción bien definidos para los científicos.
	Empresas	Apoyo a enlaces industria-academia, asistencia técnica a empresas (recibos de innovación, apoyo de expertos, doctorados industriales, programas de extensión).	Medio: existen programas de extensión bien desarrollados. Las oficinas de enlace apoyan los enlaces industria-academia. El alcance debería ser mayor.
		Oportunidades de capacitación, seminarios y talleres de información y soporte, visibilidad.	Medio: el antiguo portal nacional de innovación innovacion.cr desapareció. Las universidades públicas y el MICITT ofrecen capacitación variada en los temas. El alcance podría ser mayor con mayor financiamiento.

Podemos observar que, para el caso de las empresas en Costa Rica, todos los ítems se pueden evaluar como nivel medio, y en el caso de la educación (maestros y estudiantes) los ítems quedan en nivel bajo. Claramente como país deberíamos dedicarnos a fortalecer estos dos pilares del sistema nacional de innovación. Está claro que Costa Rica debe profundizar y ampliar el alcance de sus programas de innovación. Se requiere mayor coordinación con los diferentes ministerios y agencias, y un presupuesto mucho mayor para tener un impacto significativo a nivel nacional.

La innovación abierta

Por otro lado, la llamada innovación abierta es una práctica empresarial avanzada que numerosas empresas, sobre todo de gran tamaño, están adoptando a nivel mundial para realizar innovación de gran complejidad que requieren colaboración de múltiples individuos u organizaciones. Consiste en un modelo para innovar que aprovecha las ideas, contribuciones y soluciones que aportadas por múltiples individuos y organizaciones diversas de múltiples países. Por ejemplo, aplicaciones de software abierto son desarrolladas por comunicades de individuos que aportan a la solución. Google aprovechó esta estrategia para desarrollar Android, y Huawei la ha utilizado para desarrollar Harmony OS. Para adoptar la innovación abierta, la empresa tiene que reconocer la oportunidad de cocrear con profesionales u organizaciones externas de fuera y compartir los beneficios, tal y como se muestra en el proceso de innovación abierta descrito en la figura 10. A partir de ideas de productos y servicios, las que pueden venir de afuera de la empresa, se desarrollan los conceptos de soluciones, se diseña conjuntamente la solución donde todos aportan, y finalmente de implementa el prototipo, el que posteriormente afina se puede convertir en un producto mercadeable. Es importante notar que este proceso no es necesariamente lineal, sino que puede haber muchos ciclos de diseño y prueba en este proceso.

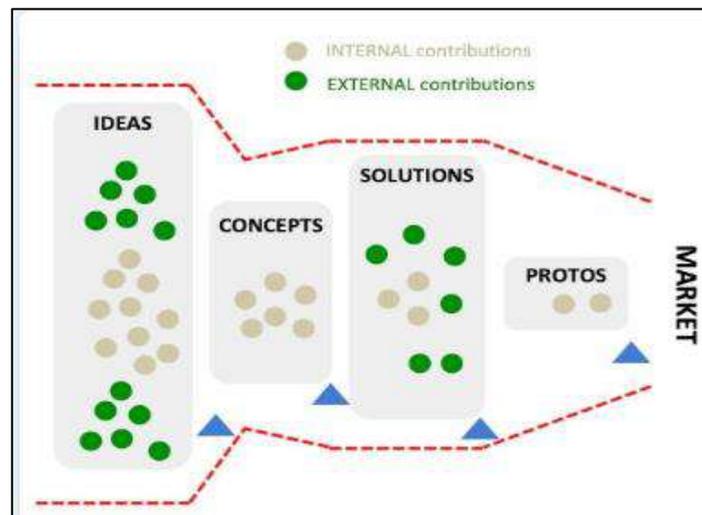


Figura 10. Proceso de innovación abierta.

Fuente: <https://www.ennomotive.com/es/innovacion-abierta/>

Narsalay et al. (2017) propone una clasificación para los tipos de innovación que una empresa puede realizar, la que se muestra en la figura 11. Esta clasificación fue desarrollada estudiando los sistemas de innovación empresarial de más de 100 firmas en EE. UU. y Europa con más de 1.000 empleados. Dependiendo del nivel de conocimiento requerido (eje vertical) y de la complejidad del problema a resolver (eje x), una empresa puede escoger su estrategia de innovación abierta. No es de extrañar que grandes empresas utilicen una combinación de estos cuatro tipos de innovación abierta.



Figura 11. Tipos de innovación abierta.
Fuente: Narsalay et al. (2017).

Las ventajas de la innovación abierta incluyen las siguientes:

- Usa fuentes de conocimiento internas complementadas con externas.
- Duplica la tasa de éxito en los proyectos de innovación, hasta llegar a un 80%.
- Puede llegar a producir un 40-60 % de aumento de la productividad
- El proceso de innovación es hasta tres veces más rápida.

Empresas innovadoras

Para empezar a entender mejor cómo funcionan las empresas innovadoras, Forbes se propuso compilar lista de empresas más innovadoras del mundo, usando la sabiduría de grupo. Su método se basa en la capacidad de los inversores para identificar las empresas que esperan ser innovadoras ahora y en el futuro.

Las empresas se clasifican por su prima de innovación, esto es, la diferencia entre el valor de su capitalización de mercado bursátil y el valor actual neto de los flujos de efectivo de la compañía (basado en un algoritmo patentado de Credit Suisse HOLT. La diferencia entre estos dos valores es el "bono" dado por los inversionistas de títulos valores sobre la corazonada educada que la compañía continuará en crecimiento.

Para ser incluidas, las compañías necesitan al menos siete años de datos financieros públicos y al menos diez mil millones en dólares en capitalización de mercado. Se incluyen sólo las industrias que se sabe que invierten en innovación, excluyendo las industrias que no tienen inversión medible en I+D, por lo que los bancos y otros los servicios financieros no están en la lista. Tampoco se incluyen las empresas de energía y minería, cuyo valor de mercado está más ligado a los precios de

mercaderías (“*commodities*”) que a la innovación.

La Tabla 4 resume las 25 empresas más innovadoras para 2023 según este ranking. Aunque este índice es parcial pues excluye a ciertos sectores de la economía y a empresas relativamente nuevas, y que su fórmula cuantitativa basada en la valoración de mercado puede ser criticada por ser unidireccional en el sentido de utilizar una sola métrica, además de que la percepción de crecimiento es un estimado de grupos de expertos, el índice representa aun así un ranking interesante para entender los modelos de negocios más innovadores en la actualidad. En la lista sobresalen las empresas TIC y las farmacéuticas, con una notable ausencia de empresas europeas.

Forbes utilizó “el bono de la innovación” para compilar esta lista. Se calcula primero mediante la proyección de los flujos de efectivo que una empresa produce de sus negocios existentes sin crecimiento alguno y se mira el valor actual neto (VAN) de esos flujos de efectivo. Se compara este valor base del negocio existente con el valor total actual de la empresa (EV): Las empresas con un EV por encima de su valor base tienen un bono de innovación incorporado en el precio de las acciones Christensen (2011).

Tabla 4. Las 25 empresas más innovadoras del mundo en 2024.

Fuente: <https://www.forbes.com/innovative-companies/#3336d95d1d65>

Ranking	Compañía	País	Bono de la innovación
#1		Estados Unidos	89,22%
#2		Estados Unidos	82,84%
#3		Estados Unidos	82,27%
#4		Estados Unidos	78,27%
#5		Estados Unidos	77,4%
#6		Estados Unidos	71,23%
#7		Estados Unidos	70,59%
#8		India	67,2%
#9		Corea del Sur	64,62%
#10		Estados Unidos	64,42%
#11		Estados Unidos	64,26%

#12		Indonesia	63,91%
#13		Estados Unidos	62,38%
#14		Corea del Sur	62,3%
#15		Estados Unidos	62,04%
#16		Estados Unidos	61,11%
#17		Estados Unidos	60,93%
#18		Corea del Sur	60,81%
#19	 AmerisourceBergen	Estados Unidos	58,69%
#20		Estados Unidos	58,33%
#21		Estados Unidos	58,15%
#22		Estados Unidos	58,04%
#23		Tailandia	57,32%
#24		Estados Unidos	57,00%
#25		China	56,77%

De esta lista, la mitad de estas empresas se pueden considerar como compañías de tecnología. Analizando el caso de la industria TIC en Costa Rica, este sector de la economía produce y exporta hardware, software, componentes electrónicos, servicios TIC, y en algunos pocos ejemplos también servicios de I+D a muchas partes del mundo. En este momento representa el tercer rubro de exportaciones a nivel nacional. Debido al tamaño limitado del mercado nacional y a que las empresas transnacionales que componen este sector se sitúan en zonas francas, estas empresas tienen estrategias globales (o al menos regionales), mientras que la demanda sofisticada de productos y servicios por parte de sus clientes internacionales las obliga a ser competitivas a nivel mundial. Las empresas relacionadas y proveedores locales están medianamente bien desarrollados y son capaces de proveer complementariedades importantes (salvo en el caso del hardware por los materiales que se requieren para su fabricación), y todo esto permite crear una serie de factores particulares que le brinda a estas empresas una ventaja

competitiva a nivel internacional, a pesar de que Costa Rica al ser un país de ingreso medio alto no es el lugar más barato del mundo para producir estos bienes y servicios. Lo que es claramente cierto es que este tiempo de empresas TIC transnacionales se instalan en aquellos países que tienen ventajas competitivas, principalmente ingenieros calificados en cantidades suficientes.

Por otro lado. La figura 12 muestra la inversión en I+D en grupos de empresas tecnológicas para el año 2022. Destacan las empresas más exitosas en desarrollo de hardware y software pues con las que más invierten en este rubro.

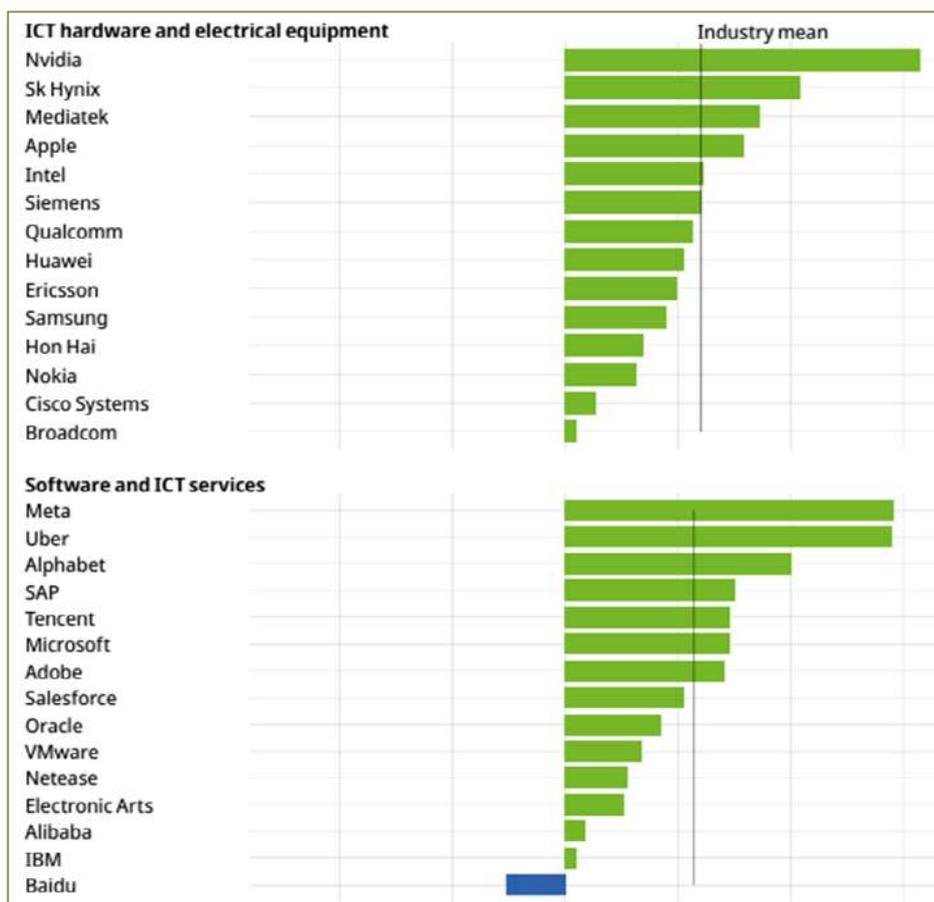


Figura 12. Inversión en I+D en grupos de empresas tecnológicas.

Fuente: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-en-main-report-global-innovation-index-2023-16th-edition.pdf>

Muchas empresas innovan sobre invenciones previas. Por ejemplo, Apple no creó ninguna tecnología nueva cuando lanzó el Ipod en 2001, lo que hizo fue diseñar un dispositivo capaz de amalgamar tecnologías ya existentes como el formato MP3 para sonido del Instituto Fraunhofer de Alemania, la memoria SSD desarrollada por Toshiba en los 1980s, junto con el software de Macintosh modificado. Otro ejemplo es INTEL, que no inventó el concepto del circuito integrado o *chip*, el que fue inventado en 1960 por otra empresa, pero tomó la idea y surgió con un diseño que resultó comercializable.

Finalmente, es importante enumerar por qué las empresas no innovan. Morales y León (2017) enumeran las siguientes siete razones principales que explican la carencia de innovación en las empresas:

1. La innovación no es un imperativo estratégico.
2. Se quiere crear la empresa del futuro con los planes del pasado.
3. La estrategia de innovación no tiene metas económicas claras.
4. Los tiempos de desarrollo están ahogando los proyectos.
5. No hay un entendimiento profundo de las necesidades del cliente.
6. El programa de cultura se queda en la mesa de ping pong.
7. La experiencia del cliente nunca ha sido medida ni diseñada.

Una de las métricas más utilizadas para medir la innovación empresarial es el número de patentes registradas. La figura 13 muestra el número de patentes registradas por empresa y país en 2022. Huawei (China) lidera la lista seguida de Samsung (Corea del Sur), Mitsubishi (Japón) y Qualcomm (EE. UU.).

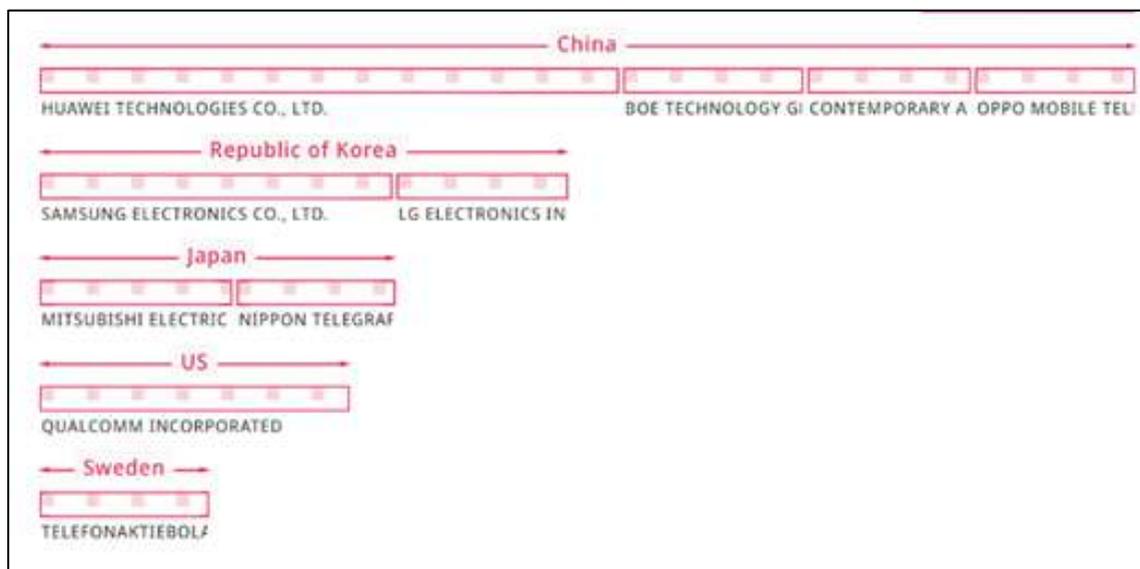


Figura 13: número de patentes registradas por empresa y país en 2022.

Fuente: Base de datos estadísticas de la WIPO (diciembre de 2023).

<https://www3.wipo.int/ipstats>

La innovación en Google

Desde sus inicios la misión de Google ha sido *"organizar la información del mundo y hacerla universalmente accesible y útil"*. La simple magnitud de esta tarea refleja la visión a largo plazo de la empresa. En el fondo su objetivo es monetizar lo más posible la información de sus usuarios y hacer dinero en eso.

Google es una empresa de plataforma: ha invertido miles de millones de dólares en crear plataformas informáticas (hardware y software) sobre las que sus usuarios individuales y corporativos ejecutan sus procesos. Aplicaciones como Gmail, Google cloud, search, Maps, Firebase, y Android son ejemplos de esto. La figura 14 muestra la estrategia de innovación de Google. En el centro están todas las plataformas que la empresa ha desarrollado y pone a disposición del público. Cuatro actores principales las utilizan:

1. Los creadores de contenido: generan información interesante para los usuarios.
2. Los anunciantes: son los generadores principales de ingresos para Google.
3. Los usuarios finales: utilizan las plataformas y su información se monetiza.
4. Los innovadores: crean soluciones innovadoras sobre las plataformas de Google.

Como fundador, propietario y operador de este ecosistema, Google puede controlar la evolución del mismo y extraer un porcentaje importante del valor generado Iyer et al. (2008).

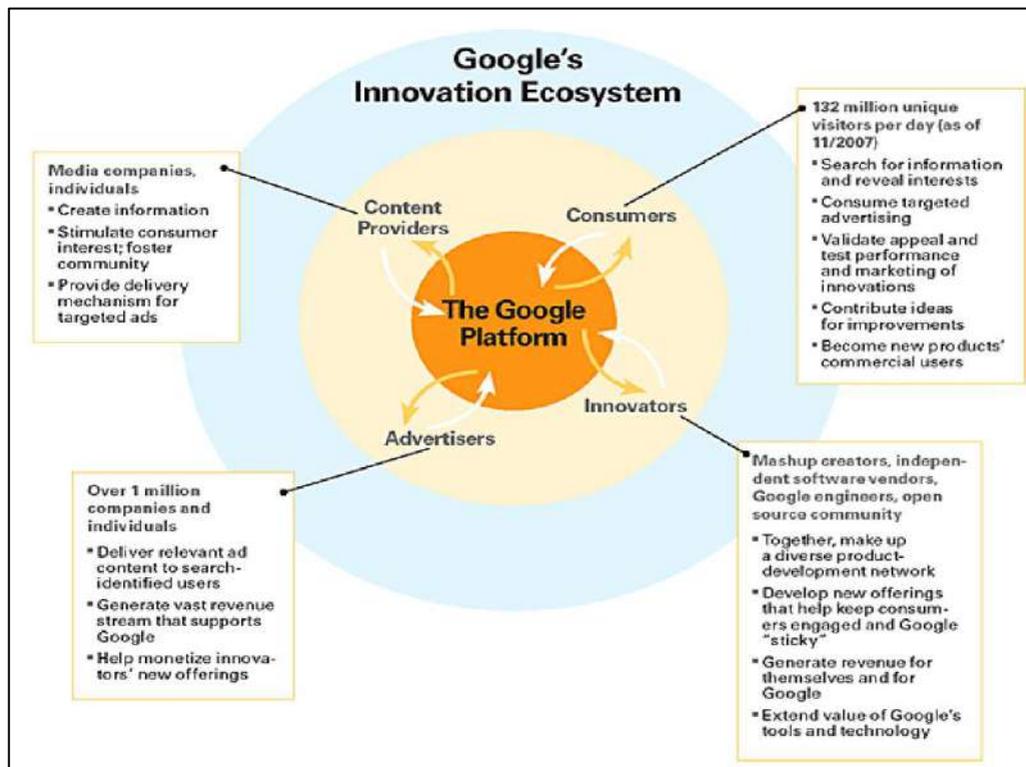


Figura 14. Estrategia de innovación de Google.

Fuente: Iyer et al. (2008)

Según Livescault (2024) Google base su sistema de innovación en nueve principios básicos:

1. Reconocer que la innovación viene de cualquier lado en cualquier momento, y en cualquier forma.
2. Priorizar al usuario primero, y luego las ganancias.
3. Aspirar a ser diez veces mejor, es decir, hacer innovación transformacional.

4. Los conocimientos técnicos sobre productos pueden ser mucho más útiles que la investigación de mercado.
5. Entregue e itere (progreso iterativo).
6. Proveer a sus empleados 20% de su tiempo de trabajo para perseguir proyectos apasionantes.
7. Compromiso con la innovación abierta (e.g., el desarrollo de Android). La interacción dinámica de Google, sus terceros innovadores, usuarios y los anunciantes crean un círculo virtuoso con beneficios mutuos.
8. Cultivar un apetito por el fracaso, considerándolo una parte necesaria de una innovación exitosa.
9. Todos en la empresa deberían hacer un trabajo que tenga un impacto positivo en el mundo.

Según Iyer et al (2008), Google ha sido el creador o uno de los principales exponentes de nuevos enfoques de innovación empresarial y de gestión empresarial.

Para Google los usuarios determinarán el éxito o fracaso de las innovaciones y que la estrategia de la empresa, es decir, ha hecho “crowdsourcing” de la evaluación de sus productos y servicios. Algunos de ellos han sido tremendamente exitosos (e.g., Gmail, Android, Firebase), y otros han fracasado completamente (e.g., Google Glasses), y aún otros están en una etapa de diseño y prueba (e.g., autos autónomos). La empresa cultiva la cultura del fracaso rápido (para poder iterar y mejorar el producto), y el caos para que de éste salgan ideas innovadoras. Esta cultura organizacional y sus procesos de innovación son claves para atraer a empleados de alta calidad Iyer et al. (2008).

La innovación en Huawei

Huawei fue fundada en 1987 por Ren Zhenfei y actualmente es un proveedor líder mundial de infraestructura y dispositivos inteligentes de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). La empresa está en la frontera tecnológica en tecnologías tales como 5G, inteligencia artificial, redes de computadoras, y semiconductores.

Su éxito comercial se debe en gran parte a su focalización en I+D. Huawei es una de las principales empresas del mundo en gasto en I+D, invirtiendo unos \$23.000 millones en 2023, lo que representó el 23,4% de sus ingresos brutos totales. Con esto la empresa ha logrado obtener más de 140.000 patentes activas en todo el mundo, incluidas más de 50.000 en China, más de 22.000 en EE. UU. y alrededor de 15.000 en Europa. Alrededor del 55% de la fuerza laboral de Huawei (unos 114.000 de los 207.000 empleados) trabaja en I+D, y la empresa tiene asociaciones de investigación con más de 150 universidades europeas, además de 10 centros de investigación propios en China, cada uno con estaciones de investigación postdoctorales Huawei (2023). A finales de 2023 Huawei contaba con más de 140.000 patentes activas en múltiples tecnologías.

El centro de investigación más grande se ubica en las afueras de Shenzhen donde trabajan más de 25.000 investigadores, se muestra en la figura 15.



Figura 15. Vista parcial del centro de investigación de Huawei en Shenzhen.

Huawei ha priorizado la innovación abierta trabajando con individuos y universidades en áreas de investigación tales como comunicaciones inalámbricas, redes ópticas, redes empresariales, algoritmos de inteligencia artificial, computación de alta capacidad, procesamiento de imágenes, software Huawei (2023). La empresa seleccionó un enfoque de innovación abierta centrado en la colaboración con varios socios industriales diversos tales como operadores de servicios móviles y fabricantes de chips y teléfonos móviles, proveedores de equipos de telecomunicaciones y fabricantes de módulos Narsalay et al. (2017). Este enfoque disciplinado de innovación abierta en colaboración le ha permitido a la empresa introducir al mercado su nueva tecnología después sólo tres años, unos buenos dos años más rápido que si la empresa hubiera desarrollado la tecnología por sí sola.

La innovación en Apple

Apple es la compañía más valiosa del mundo en gran parte a su maquinaria de innovación en hardware, software y servicios. La figura 16 muestra la estructura organizacional de Apple estructurado como una organización funcional. El director ejecutivo ocupa el único puesto en el organigrama donde se encuentran el diseño, la ingeniería, las operaciones, el marketing y la venta minorista de cualquiera de los principales productos de Apple. Como buena empresa tecnológica debe ser flexible para adaptarse, Por ejemplo, cuando la IA tomó auge crearon la división de aprendizaje automático e IA.

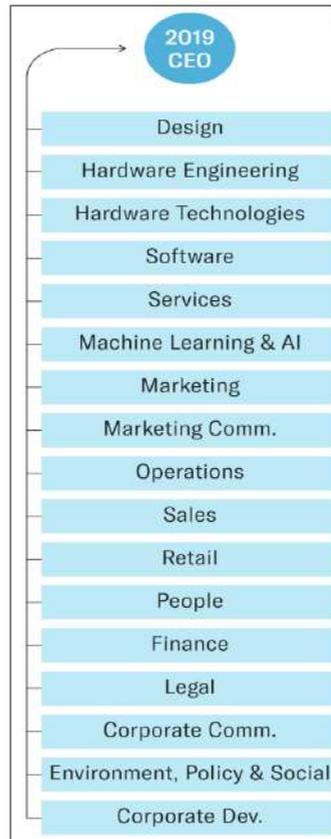


Figura 16. Estructura organizacional de Apple.
Fuente: Podolny et al. (2020).

La estructura organizativa de Apple es un sistema jerárquico que le permite a la empresa gestionar eficientemente sus vastas operaciones globales. La estructura organizativa de Apple tiene un proceso de toma de decisiones centralizado, promueve la creatividad y la innovación y proporciona vías de comunicación bien definidas entre departamentos

Para crear productos y servicios innovadores, Apple se basa en una estructura que se centra en la experiencia funcional Podolny et al. (2020). Es decir, la empresa confía en el juicio y la intuición de personas con un conocimiento profundo de las tecnologías responsables de la disrupción. La empresa contrata a las mejores personas y los empodera.

La innovación en Apple se base en tres características:

1. Experticia profunda. Gerentes no supervisan a los directivos, sino que expertos lideran a los expertos.
2. Inmersión en los detalles. los líderes deben conocer los detalles de su organización en los tres niveles inferiores, porque eso es esencial para una toma de decisiones interfuncional rápida y efectiva en los niveles más altos.
3. Debate colaborativamente. Apple tiene cientos de equipos de especialistas en toda la empresa que se involucran en las decisiones técnicas.

Todo esto se mueven una cultura de innovación que es empujada desde arriba, es parte del ADN de la empresa. Esta inversión cultura más la inmensa inversión en I+D y la confianza en sus expertos técnicos, y la confianza en apostar a tecnologías de punta es lo que mueve la innovación en la empresa.

La estrategia de marketing de Apple se centró en construir una marca premium para los consumidores aumentando el valor de la marca, fabricando, vendiendo productos y servicios directamente e invirtiendo grandes sumas en investigación y desarrollo. La atención de Apple al detalle se puede ver en toda su línea de productos: la idea es fabricar los mejores productos y empacarlos de la mejor forma De la Cruz (2023).

La organización funcional de Apple es rara, si no única, entre las empresas muy grandes. Va en contra de la teoría de gestión predominante de que las empresas deberían reorganizarse en divisiones y unidades de negocios a medida que crecen. Pero algo vital se pierde en un cambio hacia las unidades de negocios: la alineación de los derechos de decisión con la experiencia Podolny et al. (2020).

Durante cuatro décadas Apple ha sobrevivido bajo una presión competitiva extrema, ya que siempre busca asegurar y diferenciar sus productos. Las oportunidades de Apple mejorarán dado que la innovación es el ADN de empresa De la Cruz (2023).

La innovación en las universidades

La I+D la hacen principalmente las universidades y centros de investigación, además de las empresas privadas. Uno de los indicadores que se utilizan mundialmente para medir la cantidad de innovación que produce una organización es el número de patentes. Según esta métrica, la tabla 5 muestra las 50 universidades más innovadoras del mundo.

Tabla 5. Las 50 universidades más innovadoras del mundo según el número de patentes (2018).

Fuente: Al-youbi et al. (2021).

Posición	Institución	País	Patentes solicitadas	Patentes aceptadas	Razón (%)
1	Stanford University	EE. UU.	691	287	41.50
2	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	EE. UU.	1480	666	45.00
3	Harvard University	EE. UU.	977	296	30.30
4	University of Pennsylvania	EE. UU.	557	174	31.20
5	University of Washington	EE. UU.	536	179	33.40
6	University of Texas System	EE. UU.	1023	352	34.40
7	KU Leuven	Bélgica	300	120	40.00
8	Imperial College London	Reino Unido	297	99	33.30
9	University of North Carolina Chapel Hill	EE. UU.	368	131	35.60
10	Vanderbilt University	EE. UU.	231	106	45.90
11	Korea Advanced Institute of Science & Technology (KAIST)	Corea del Sur	1000	798	79.80
12	Ecole Polytechnique Federale de Lausanne	Suiza	213	87	40.80
13	Pohang University of Science & Technology (POSTECH)	Corea del Sur	372	293	78.80
14	University of California System	EE. UU.	2533	889	35.10
15	University of Southern California	EE. UU.	294	78	26.40
16	Cornell University	EE. UU.	534	228	42.70
17	Duke University	EE. UU.	344	114	33.10
18	University of Cambridge	Reino Unido	224	89	39.70
19	Johns Hopkins University	EE. UU.	906	278	30.70
20	University of Tokyo	Japón	985	538	54.60
21	California Institute of Technology	EE. UU.	596	350	58.70
22	Osaka University	Japón	583	307	52.70
23	University of Michigan System	EE. UU.	608	268	44.10
24	Northwestern University	EE. UU.	322	143	44.40
25	University of Wisconsin System	EE. UU.	266	181	68.00
26	Kyoto University	Japón	688	360	52.30
27	University of Minnesota System	EE. UU.	259	107	41.30

28	University of Illinois System	EE. UU.	349	160	45.80
29	Georgia Institute of Technology	EE. UU.	284	128	45.10
30	University of Utah	EE. UU.	308	117	38.00
31	University of Erlangen Nuremberg	Alemania	211	110	52.10
32	Ohio State University	EE. UU.	208	106	51.00
33	Columbia University	EE. UU.	632	169	26.70
34	Seoul National University	Corea del Sur	869	650	74.80
35	University of Toronto	Canadá	267	90	33.70
36	Tohoku University	Japón	625	382	61.10
37	University of Pittsburgh	EE. UU.	294	120	40.80
38	Yale University	EE. UU.	273	89	32.60
39	Sungkyunkwan University	Corea del Sur	241	186	77.20
40	University of Oxford	Reino Unido	469	123	26.20
41	University of Colorado System	EE. UU.	318	108	34.00
42	Tufts University	EE. UU.	173	45	26.00
43	Baylor College of Medicine	EE. UU.	229	52	22.70
44	Tsinghua University	China	742	490	66.00
45	Technical University of Munich	Alemania	177	79	44.60
46	Kyushu University	Japón	554	286	51.60
47	Tokyo Institute of Technology	Japón	348	210	60.30
48	University College London	Reino Unido	232	69	29.70
49	ETH Zurich	Suiza	275	81	29.50
50	Purdue University System	EE. UU.	291	119	40.90

Sin embargo, esa métrica únicamente mide la cantidad y calidad de la I+D que se hace en una institución de educación superior. Si el objetivo es más bien medir a las universidades más innovativas desde el punto de vista de su proceso educativo, el *World University Rankings for Innovation* (WURI) abarca objetivos y métodos de innovación, ofreciendo una medida integral de las contribuciones creativas de las instituciones al avance de la sociedad. Este ranking evalúa las contribuciones reales de las instituciones de educación superior a la industria y la sociedad, destacando la educación innovadora, la investigación y el compromiso con la sociedad. Para esto, toma en cuenta las siguientes 16 categorías:

- **A1. Apoyo y participación de los estudiantes:** se centra en apoyar el éxito académico y profesional de los estudiantes, así como el bienestar, la diversidad, la inclusión y la participación.
- **A2. Movilidad y apertura estudiantil:** se centra en promover el intercambio y la colaboración entre escuelas, tanto a nivel nacional como internacional.
- **A3. Aplicación industrial:** Enfatiza la aplicación de la educación y la investigación relacionadas con la industria para generar impactos tangibles, divergiendo del enfoque convencional en la investigación y la educación impulsadas por el mundo académico.
- **A4. Espíritu Emprendedor:** Abarca una gama de elementos e iniciativas que fomentan colectivamente un entorno propicio para el emprendimiento y la innovación.

- **A5. Gestión de crisis:** se centra en la gestión de las crisis ambientales y económicas que enfrentan las universidades desde la sociedad en general, como el cambio climático, enfermedades como COVID-19 y otras crisis globales y locales.
- **A6. Ética e integridad:** enfatiza la importancia de investigar y promover la ética y la integridad en la educación.
- **A7. Desarrollo y aplicación de tecnología:** examina cómo las universidades responden y aplican tecnologías de inteligencia artificial (por ejemplo, ChatGPT) en su educación, investigación y servicio a la sociedad y la industria. También enfatiza el papel de la IA en el fortalecimiento de la educación y una mejor preparación de los estudiantes para el futuro.
- **A8. Respuestas basadas en los ODS a los desafíos globales:** Destaca cómo las universidades incorporan y aplican los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas en su educación, investigación y contribuciones sociales.
- **B1. Liderazgo visionario:** ejemplifica el liderazgo en el desarrollo y comunicación de una visión clara e inspiradora para la institución.
- **B2. Gestión basada en el empoderamiento:** muestra la voluntad del líder de renunciar a los privilegios tradicionales y adaptarse continuamente para seguir siendo eficaz e influyente en el panorama en constante evolución de la educación superior.
- **B3. Tendencia ESG:** Enfatiza la adopción de principios ESG (Ambiental, Social, Gobernanza) para fomentar prácticas sostenibles.
- **B4. Cultura/Valores:** Cultura y valores que promueven la innovación entre los estudiantes, profesores y administradores de las universidades.
- **B5. Financiamiento para la sostenibilidad:** revela las estrategias innovadoras que emplea la universidad para asegurar recursos financieros diversificando los flujos de financiamiento y adoptando nuevos métodos.
- **B6. Infraestructura/Tecnología:** se centra en qué tan bien una universidad está adoptando nuevas tecnologías y nueva infraestructura para respaldar sus esfuerzos innovadores.
- **B7. Gestión de rentabilidad:** enfatiza el lanzamiento de proyectos innovadores que aumentan los ingresos o reducen los costos para mejorar la rentabilidad.
- **B8. Marca y reputación universitaria:** se centra en el uso de estrategias creativas e innovadoras para mejorar eficazmente la marca y la reputación de la universidad.

La tabla 6 muestra este indicador según el *World University Rankings for Innovation* (WURI) para las primeras 50 universidades del mundo en 2023. En este ranking, EE. UU. lidera con 23 universidades dentro de las primeras 50, seguido por Reino Unido y Corea del Sur con 3.

Para que la inversión en I+D hecha por las universidades se convierta en innovación, el producto de esta debe tener algún impacto en la sociedad. Aquellas instituciones de educación superior que estén incrustadas en un país cuyo entorno de innovación sea maduro tendrán mayor capacidad de lograrlo.

Tabla 6. Las 50 universidades más innovadoras del mundo según el ranking WURI.

Fuente: <https://www.wuri.world/2023-global-top-100>

Posición	Nombre	Región
1	Minerva University	EE. UU.
2	Arizona State University	EE. UU.
3	University of Pennsylvania	EE. UU.
4	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	EE. UU.
5	Stanford University	EE. UU.
6	Ecole 42	Francia
7	Aalto University	Finlandia
8	University of California, Berkeley	EE. UU.
9	Hanze University of Applied Sciences	Países Bajos
10	Princeton University	EE. UU.
11	California Institute of Technology	EE. UU.
12	Harvard University	EE. UU.
13	Simon Fraser University	Canadá
14	Boston University	EE. UU.
15	Abdullah Gül University	Turquía
16	Deggendorf Institute of Technology	Alemania
17	Seoul National University	Corea del Sur
18	Incheon National University	Corea del Sur
19	National University of Singapore	Singapore
20	Tsinghua University	China
21	University of Oxford	Reino Unido
22	University of Cambridge	Reino Unido
23	Duke University	EE. UU.
24	Olin College of Engineering	EE. UU.
25	University of California, merced	EE. UU.
26	Franklin University Switzerland	Suiza
27	University of Chicago	EE. UU.
28	Columbia University	EE. UU.
29	Northern Arizona University	EE. UU.
30	Singularity University	EE. UU.
31	Florida State University	EE. UU.
32	Hankuk University of Foreign Studies	Corea del Sur
33	Florida Gulf Coast University	EE. UU.
34	University College London	Reino Unido
35	Peking University	China
36	University of Twente	Países Bajos
37	Ohio State University	EE. UU.
38	University College Dublin	Irlanda
39	Flinders University	Australia
40	Indira Gandhi Delhi Technical University for Women (IGDTUW)	India
41	Beijing Normal University	China
42	Sussex University	Reino Unido
43	Tra Vinh University	Vietnam
44	Badr University in Cairo	Egipto
45	IEDC-Bled School of Management	Slovenia
46	Burapha University	Tailandia
47	Temple University	EE. UU.
48	Yale University	EE. UU.
49	Trinity College	EE. UU.
50	University of Copenhagen	Dinamarca

La innovación en los países

El indicador más utilizado para medir el nivel de innovación de un país es el *Global Innovation Index* (GII) o Índice Global de Innovación (<https://www.globalinnovationindex.org/>). Este es un indicador compuesto propuesto por la *World Intellectual Property Organization* (WIPO) para medir, mediante la cuantificación de ciertos factores, el nivel de innovación de una nación. Entonces, el GI define las principales tendencias en innovación a nivel mundial y enumera a las economías según su rendimiento según la inversión en innovación.

Cada subíndice tiene varios pilares y cada pilar se divide en tres subpilares, cada uno de ellos compuesto de indicadores individuales, para un total de 81 indicadores para este año, como sigue:

- El subíndice de entrada de innovación (*inputs*) se compone de cinco entradas pilares que capturan elementos de la economía nacional: Permitir actividades innovadoras:
 - (1) Instituciones
 - (2) Capital humano e investigación
 - (3) Infraestructura
 - (4) sofisticación de mercado
 - (5) Sofisticación de negocios.
- El subíndice de resultados o salidas (*outputs*) proporciona información sobre las salidas que son los resultados de actividades innovadoras dentro la economía. Hay dos Pilares de salida:
 - (6) Conocimiento y salidas de tecnología.
 - (7) Salidas creativas.

El Índice general es el promedio de los dos subíndices.

Finalmente, la razón de eficiencia de la innovación

$$E = O/I$$

es la relación entre los resultados **O** y las entradas o insumos **I**, y mide que tantos resultados produce un país con respecto a la inversión de sus entradas (recursos).

La Figura 16 describe la composición del GI. Se calculan cuatro medidas: el GI global, el subíndice de recursos para la innovación (*inputs*), el subíndice de resultados de la innovación (*outputs*), y la razón de Eficiencia de innovación. El puntaje general de GI es el promedio simple de los subíndices de entrada y de resultados.

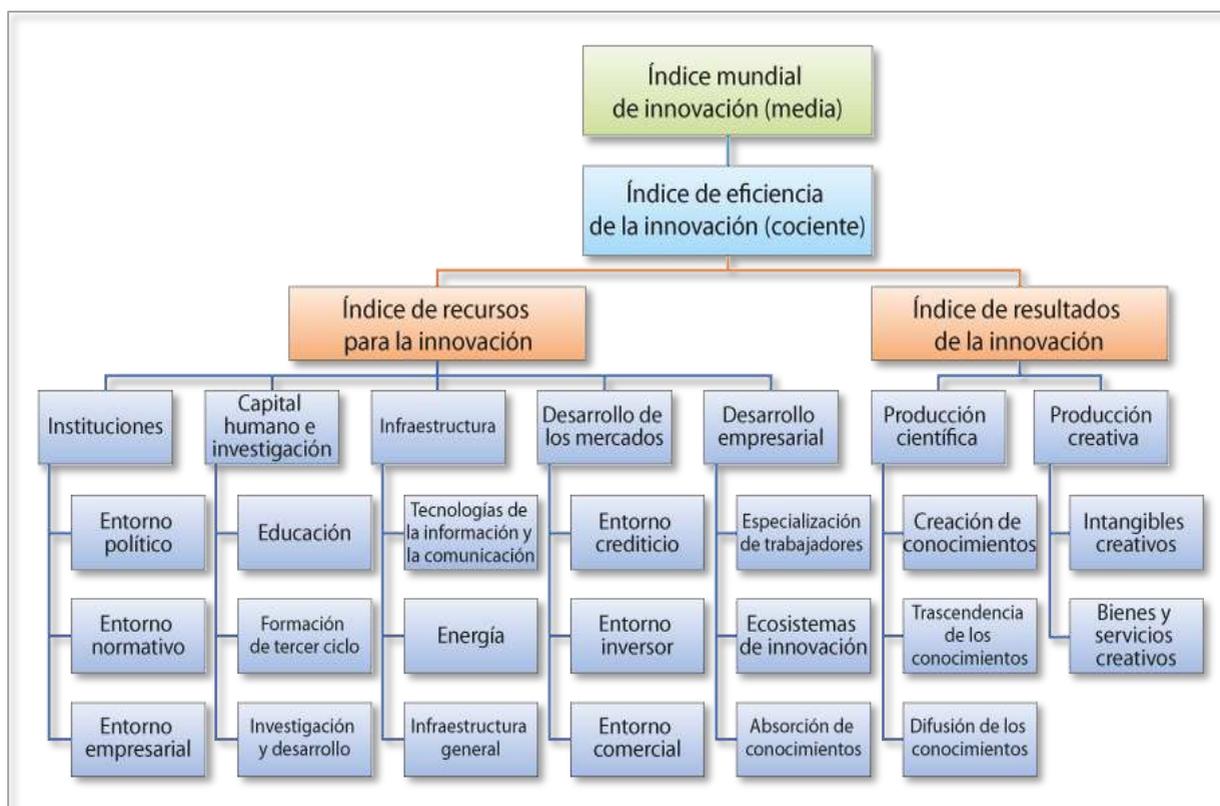


Figura 16. Composición del Gbol Innovation Index.

Fuente: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-en-main-report-global-innovation-index-2023-16th-edition.pdf>

Costa Rica se ubica en el puesto 74 de 132 países según el Global Innovation Index.

Los países más innovadores del mundo según el GII están listados en la Tabla 7. Suiza ocupa el primer lugar por décimo tercer año consecutivo. Costa Rica se ubica en la posición 74 de 132 países y 7mo a nivel latinoamericano. En el grupo de países de ingresos medios altos, las seis economías de bajo desempeño son Argentina (73.º), Costa Rica (74.º), República Dominicana (94.º), Paraguay (98.º), Ecuador (104.º) y Guatemala (122.º). Estas seis economías también descenderán en la clasificación del Índice Mundial de



Desarrollo en 2023.

Entre las economías de altos ingresos, Suiza lidera (1.º) en lograr niveles de producción más altos en comparación con Suecia (2.º), Estados Unidos (3.º) y Finlandia (6.º), mientras que Alemania (8.º) logra niveles de producción similares a los de Estados Unidos y el Reino de los Países Bajos (1.º), pero con niveles de insumos más bajos. Entre las economías del grupo de ingresos medios altos, China (12.º) también destaca, con niveles de producción comparables a los de economías de ingresos altos como Singapur (5.º), Dinamarca (9.º) y Francia (11.º), pero con menos insumos (WIPO 2023).

Tabla 7. Ranqueo de innovación de los países según el GII de la WIPO.

Fuente: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-en-main-report-global-innovation-index-2023-16th-edition.pdf>

GII rank	Economy	Score	Income group rank	Region rank	GII rank	Economy	Score	Income group rank	Region rank
1	Switzerland	67.6	1	1	67	Bahrain	29.1	46	9
2	Sweden	64.2	2	2	68	Mongolia	28.8	7	13
3	United States	63.5	3	1	69	Oman	28.4	47	10
4	United Kingdom	62.4	4	3	70	Morocco	28.4	8	11
5	Singapore	61.5	5	1	71	Jordan	28.2	16	12
6	Finland	61.2	6	4	72	Armenia	28.0	17	13
7	Netherlands (Kingdom of the)	60.4	7	5	73	Argentina	28.0	18	6
8	Germany	58.8	8	6	74	Costa Rica	27.9	19	7
9	Denmark	58.7	9	7	75	Montenegro	27.8	20	36
10	Republic of Korea	58.6	10	2	76	Peru	27.7	21	8
11	France	56.0	11	8	77	Bosnia and Herzegovina	27.1	22	37
12	China	55.3	1	3	78	Jamaica	27.1	23	9
13	Japan	54.6	12	4	79	Tunisia	26.9	9	14
14	Israel	54.3	13	1	80	Belarus	26.8	24	38
15	Canada	53.8	14	2	81	Kazakhstan	26.7	25	3
16	Estonia	53.4	15	9	82	Uzbekistan	26.2	10	4
17	Hong Kong, China	53.3	16	5	83	Albania	25.4	26	39
18	Austria	53.2	17	10	84	Panama	25.3	48	10
19	Norway	50.7	18	11	85	Botswana	24.6	27	3
20	Iceland	50.7	19	12	86	Egypt	24.2	11	15
21	Luxembourg	50.6	20	13	87	Brunei Darussalam	23.5	49	14
22	Ireland	50.4	21	14	88	Pakistan	23.3	12	5
23	Belgium	49.9	22	15	89	Azerbaijan	23.3	28	16
24	Australia	49.7	23	6	90	Sri Lanka	23.3	13	6
25	Malta	49.1	24	16	91	Cabo Verde	23.3	14	4
26	Italy	46.6	25	17	92	Lebanon	23.2	15	17
27	New Zealand	46.6	26	7	93	Senegal	22.5	16	5
28	Cyprus	46.3	27	2	94	Dominican Republic	22.4	29	11
29	Spain	45.9	28	18	95	El Salvador	21.8	17	12
30	Portugal	44.9	29	19	96	Namibia	21.8	30	6
31	Czech Republic	44.8	30	20	97	Bolivia (Plurinational State of)	21.4	18	13
32	United Arab Emirates	43.2	31	3	98	Paraguay	21.4	31	14
33	Slovenia	42.2	32	21	99	Ghana	21.3	19	7
34	Lithuania	42.0	33	22	100	Kenya	21.2	20	8
35	Hungary	41.3	34	23	101	Cambodia	20.8	21	15
36	Malaysia	40.9	2	8	102	Trinidad and Tobago	20.7	50	15
37	Latvia	39.7	35	24	103	Rwanda	20.6	1	9
38	Bulgaria	39.0	3	25	104	Ecuador	20.5	32	16
39	Türkiye	38.6	4	4	105	Bangladesh	20.2	22	7
40	India	38.1	1	1	106	Kyrgyzstan	20.2	23	8
41	Poland	37.7	36	26	107	Madagascar	19.1	2	10
42	Greece	37.5	37	27	108	Nepal	18.8	24	9
43	Thailand	37.1	5	9	109	Nigeria	18.4	25	11
44	Croatia	37.1	38	28	110	Lao People's Democratic Republic	18.3	26	16
45	Slovakia	36.2	39	29	111	Tajikistan	18.3	27	10
46	Viet Nam	36.0	2	10	112	Côte d'Ivoire	18.2	28	12
47	Romania	34.7	40	30	113	United Republic of Tanzania	17.4	29	13
48	Saudi Arabia	34.5	41	5	114	Togo	16.9	3	14
49	Brazil	33.6	6	1	115	Nicaragua	16.9	30	17
50	Qatar	33.4	42	6	116	Honduras	16.7	31	18
51	Russian Federation	33.3	7	31	117	Zimbabwe	16.5	32	15
52	Chile	33.3	43	2	118	Zambia	16.4	4	16
53	Serbia	33.1	8	32	119	Algeria	16.1	33	18
54	North Macedonia	33.0	9	33	120	Benin	16.0	34	17
55	Ukraine	32.8	3	34	121	Uganda	16.0	5	18
56	Philippines	32.2	4	11	122	Guatemala	15.8	33	19
57	Mauritius	32.1	10	1	123	Cameroon	15.3	35	19
58	Mexico	31.0	11	3	124	Burkina Faso	14.5	6	20
59	South Africa	30.4	12	2	125	Ethiopia	14.3	7	21
60	Republic of Moldova	30.3	13	35	126	Mozambique	13.6	8	22
61	Indonesia	30.3	5	12	127	Mauritania	13.5	36	23
62	Iran (Islamic Republic of)	30.1	6	2	128	Guinea	13.3	9	24
63	Uruguay	30.0	44	4	129	Mali	12.9	10	25
64	Kuwait	29.9	45	7	130	Burundi	12.5	11	26
65	Georgia	29.9	14	8	131	Niger	12.4	12	27
66	Colombia	29.4	15	5	132	Angola	10.3	37	28

La tabla 8 muestra los primeros 25 países y Costa Rica según el GII junto con el PIB per cápita y la inversión en I+D como porcentaje del PIB.

Tabla 8. Los primeros 25 países según el GII con su PIB per cápita e inversión en I+D como porcentaje del PIB.

Fuente: elaboración propias con datos de OECD y Banco Mundial.

País en orden según el GII	GII Nominal	Región	PIB per cápita en US\$ ⁽¹⁾	Inversión I+D como % PIB ⁽²⁾
1. Suiza	67,6	Europa	102.865	3,31
2. Suecia	64,2	Europa	56.305	3,40
3. Estados Unidos de A.	63,5	América del Norte	81.695	3,46
4. Reino Unido	62,5	Europa	48.866	1,76
5. Singapur	61,5	Asia Pacífico	84.734	2,16
6. Finlandia	61,2	Europa	53.755	2,95
7. Países Bajos	60,4	Europa	62.536	2,30
8. Alemania	58,8	Europa	52.745	3,13
9. Dinamarca	58,7	Europa	67.967	2,89
10. Corea del Sur	58,6	Asia Pacífico	33.121	4,93
11. Francia	56,0	Europa	44.460	2,18
12. China	55,3	Asia Pacífico	12.614	2,43
13. Japón	54,6	Asia Pacífico	33.834	3,34
14. Israel	54,3	Asia	52.261	5,56
15. Canadá	53,8	América del Norte	53.371	1,55
16. Estonia	53,4	Europa	29.823	1,75
17. Hong Kong (China)	53,3	Asia Pacífico	50.696	1,07
18. Austria	53,2	Europa	56.506	3,20
19. Noruega	50,7	Europa	87.961	1,59
20. Islandia	50,7	Europa	78.811	2,66
21. Luxemburgo	50,6	Europa	128.259	0,98
22. Irlanda	50,4	Europa	103.684	0,96
23. Bélgica	49,9	Europa	53.475	3,43
24. Australia	49,7	Oceanía	64.711	1,83
25. Malta	49,1	Europa	37.882	0,65
...				
74. Costa Rica	27,9	América Central	16.595	0,28

⁽¹⁾ Cifras de 2023 según el Banco Mundial.

⁽²⁾ Cifras más recientes según la OECD y el Banco Mundial.

Los países más ricos son los que invierten en innovación, y son ricos precisamente porque lo hacen.



La Figura 17 muestra la correlación entre el índice GII nominal y el PIB per cápita para estos primeros 25 países. El coeficiente de correlación R^2 es muy bajo ($< 0,1$) por lo que no se puede predecir una variable con la otra, lo que sugiere que el GII nominal de un país está determinado por una serie de factores adicionales con relaciones complejas entre sí, y no únicamente por el PIB per cápita.

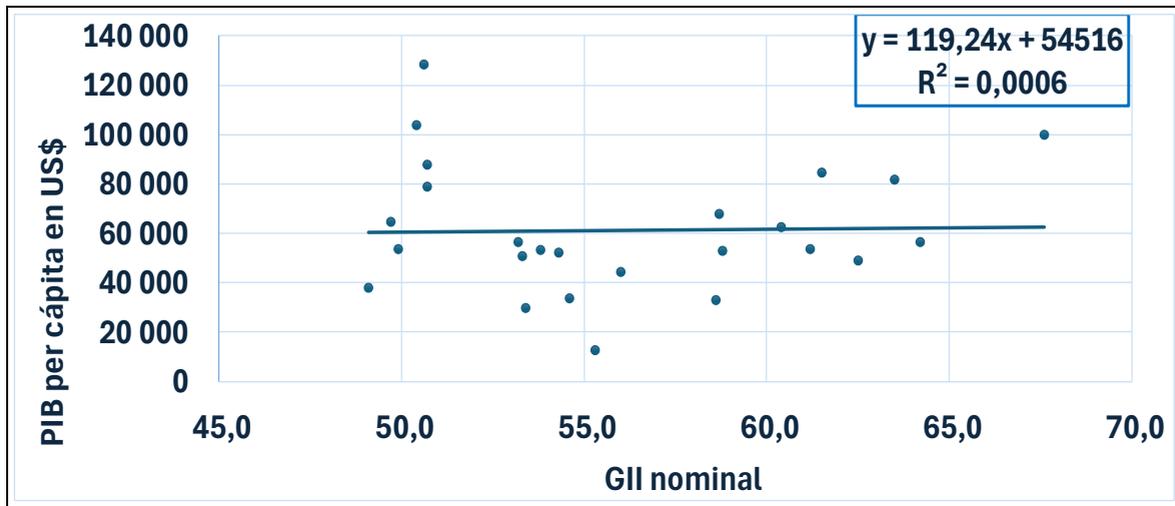


Figura 17. Correlación entre el GII nominal y el PIB per cápita para los primeros 25 países del ranking.
Fuente: Elaboración propia con datos de GII.

Adicionalmente, la Figura 18 muestra la correlación entre la inversión en I+D como porcentaje del PIB y el GII nominal para los mismos 25 países. La correlación R^2 es muy baja (0,20) por lo que no se puede predecir una variable con la otra.

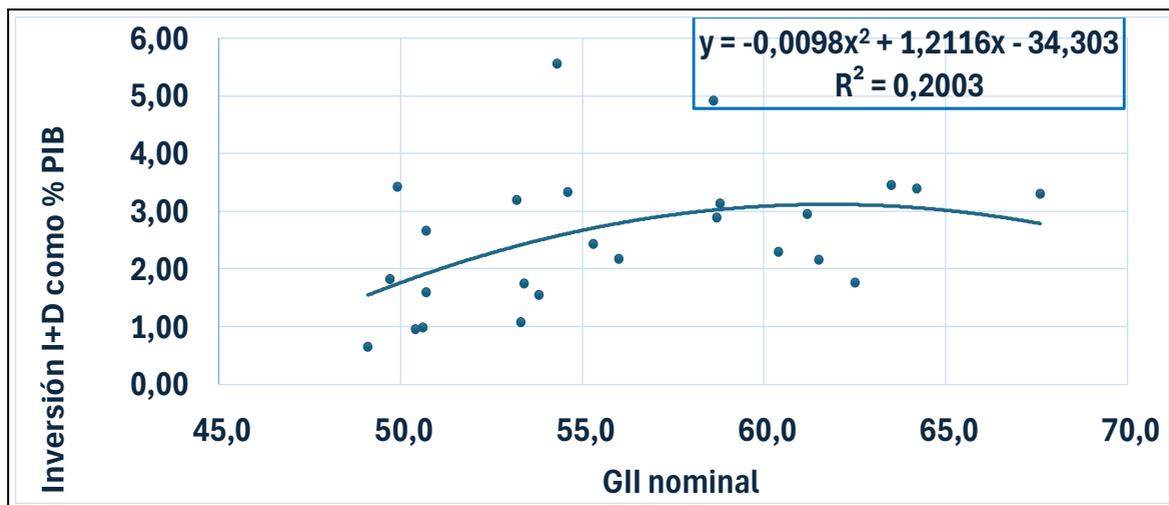


Figura 18. Correlación entre el GII nominal y la inversión en I+D como porcentaje del PIB para los primeros 25 países del ranking.
Fuente: Elaboración propia con datos del GII.

La tabla 9 muestra el cálculo de GII para Costa Rica para el 2023. Resulta que descendimos del puesto 68 el año anterior al puesto 74 de 136 países evaluados. La mayor fortaleza está en las instituciones (48.º) y la infraestructura (62.º). Las mayores debilidades están en el subpilar de capital humano e investigación (79.º), sofisticación de mercado (90.º) y salidas creativas (89.º).

Tabla 9. Cálculo del Gobl Innovation Index para Costa Rica

Fuente: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-en-main-report-global-innovation-index-2023-16th-edition.pdf>

País	GII	Índice de recursos de la innovación (inputs)					Índice de resultados de la innovación (ouputs)	
		Instituciones	Capital Humano e investigación	Infraestructura	Desarrollo de mercados	Desarrollo Empresarial	Producción científica	Producción creativa
Costa Rica	74	48	79	62	90	63	70	89

La figura 19 muestra una correlación entre el PIB per cápita de un país y su ranking en el Global Innovation Index. Claramente se nota una correlación lineal entre el ingreso medio de cada país y su índice de innovación. Es decir, claramente los países más ricos son los que invierten en innovación, y son ricos precisamente porque lo hacen.

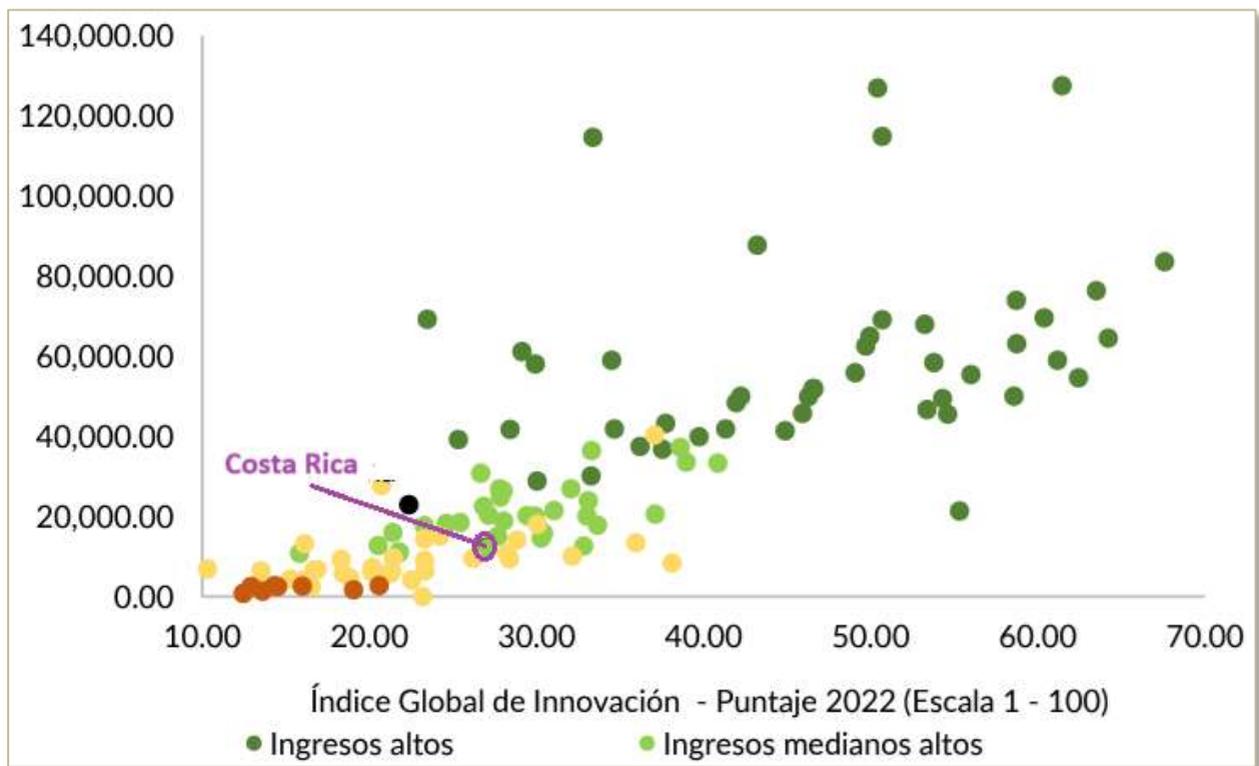


Figura 19. Relación entre el PIB per cápita y el Gobl Innovation Index de los países.

Fuente: <https://cnc.gob.do/wp-content/uploads/2023/12/Indice-Global-de-Innovacion.pdf>

La inversión de un país en I+D es de gran interés para los responsables de la formulación de políticas nacionales e internacionales porque permite medir quién lleva a cabo y quién financia la I+D y dónde tiene lugar, a qué nivel, y la finalidad de estas actividades, y las interacciones y colaboraciones entre instituciones y sectores institucionales. Estos indicadores se utilizan para implementar políticas públicas de fomento de la innovación, tales como los incentivos fiscales y financieros para estimular las actividades de I+D, y para comprender mejor la contribución de la I+D al crecimiento económico, la defensa y la prosperidad OECD (2018).

La figura 20 muestra los datos más recientes de inversión en I+D por país según datos del Banco Mundial. Israel con 5,56% y Corea del Sur con 4,63% del PIB liderean la lista de países. Costa Rica invierte únicamente 0,28 de su PIB en I+D.

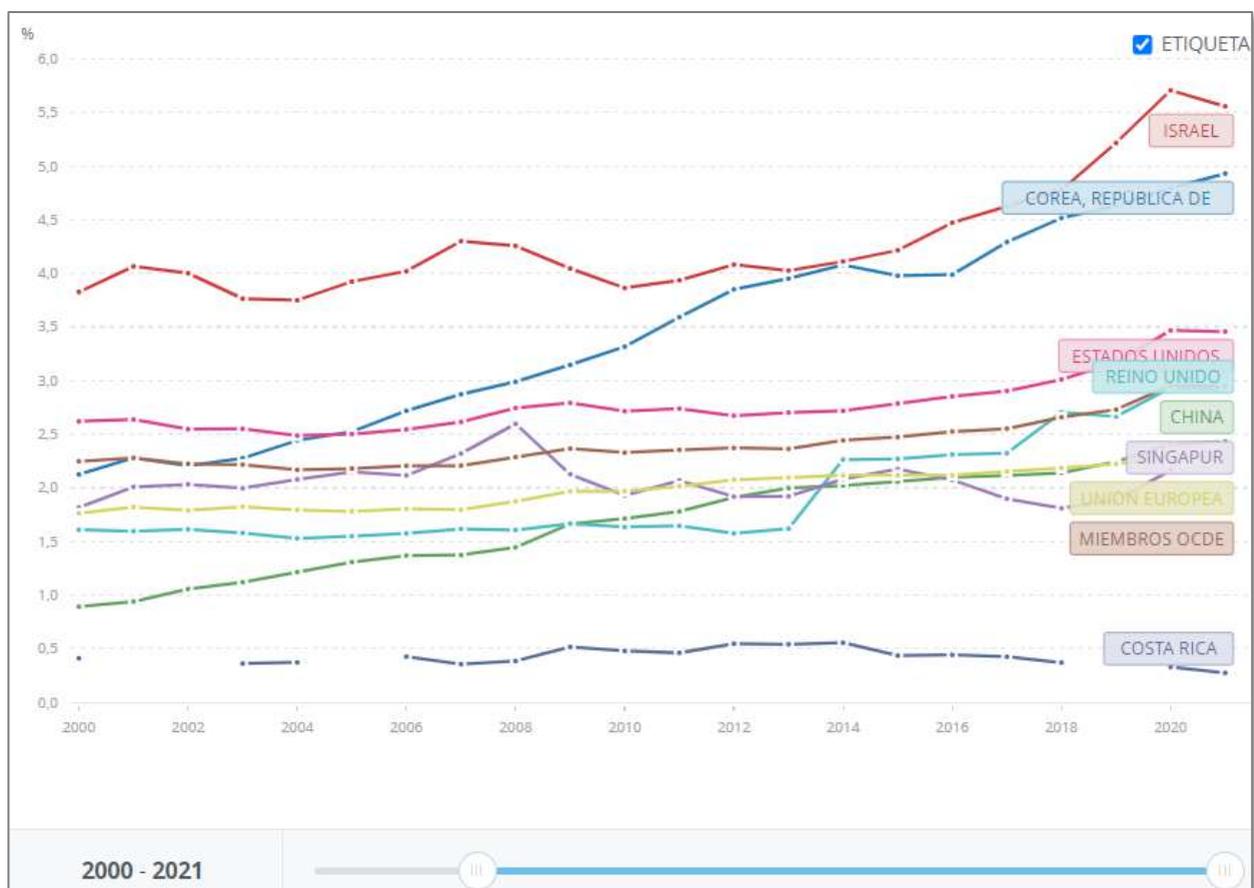


Figura 20. Inversión en I+D de algunos países. **Fuente:** Elaboración propia con datos de GII.
Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial (<https://datos.bancomundial.org/>) .

La figura 21 muestra los datos más recientes de inversión en I+D en dólares por país según datos del Banco Mundial. EE. UU. es primero seguido por China, Japón y Alemania.

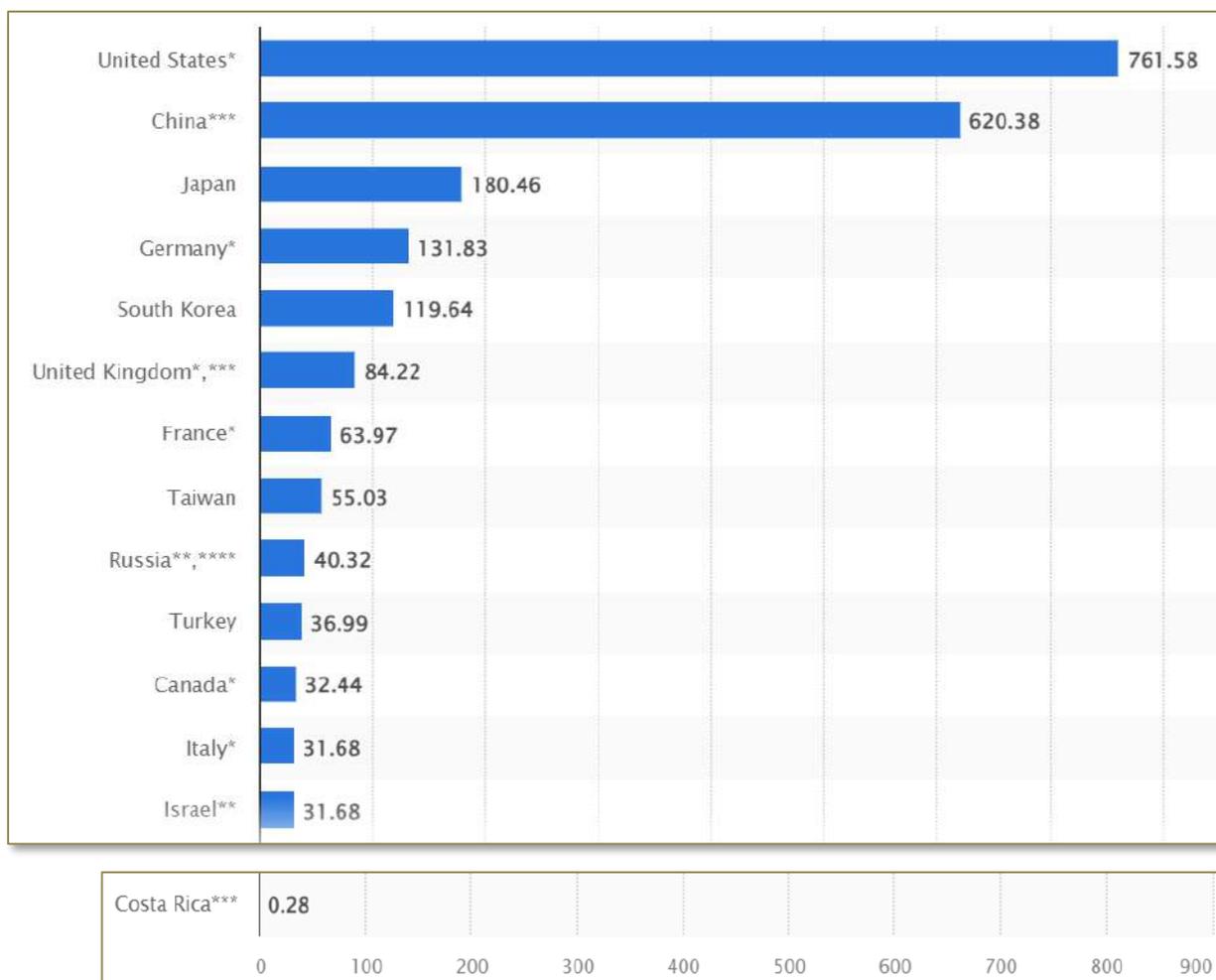


Figura 21. Inversión en I+D por país en 2023 en miles de millones US\$ PPP.

Fuente: <https://www.statista.com/statistics/732247/worldwide-research-and-development-gross-expenditure-top-countries/>

Tal y como muestra la figura 22 en el contexto latinoamericano Costa Rica se ubica en la 7ma posición con un puntaje de 27,9, inclusive por debajo de países de la región que tienen un ingreso per cápita menor.

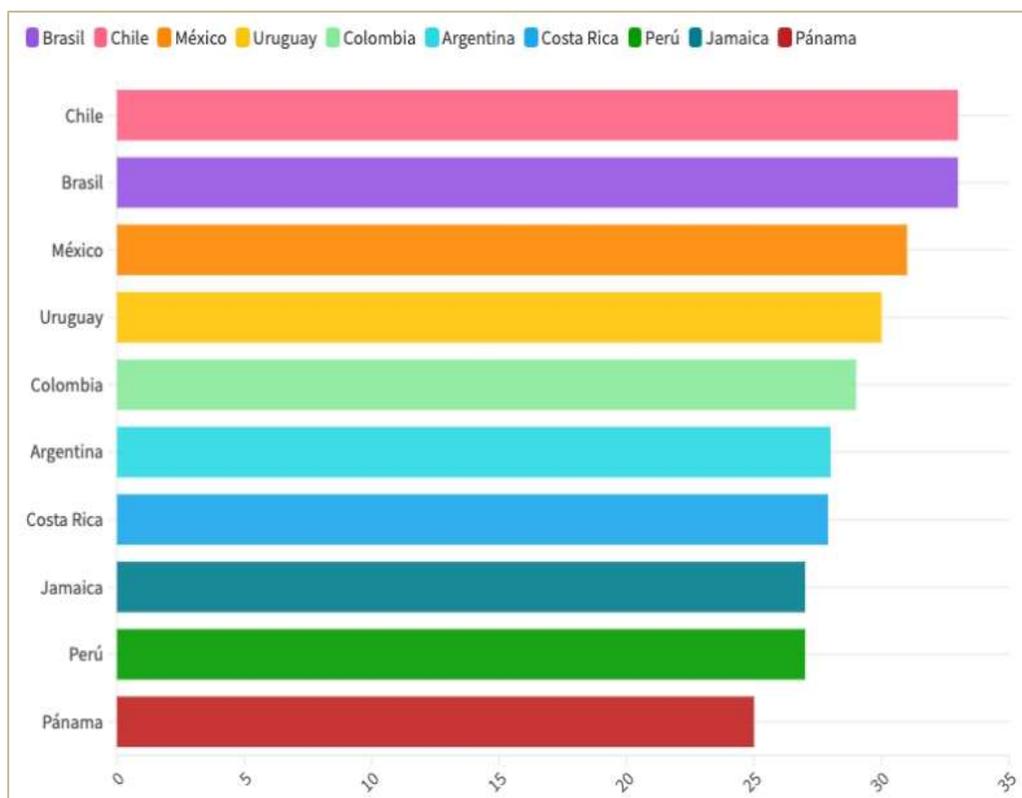


Figura 22. GII por país en Latinoamérica.

Fuente: [WIPO](#)

Por otro lado, el *International Institute for Management Development (IMD)* con sede en Suiza ha propuesto el *World Competitiveness Ranking (WCR)* que para 2024 ranqueó a 67 países (Costa Rica no está en este ranking). La puntuación final para cada economía se calcula utilizando las percepciones de los ejecutivos junto con datos estadísticos, por lo que toma en cuenta aspectos tanto cuantitativos como cualitativos por separado. Los indicadores estadísticos se obtienen de organizaciones internacionales, nacionales y regionales, instituciones privadas y nuestros institutos asociados, y representan un peso de dos tercios en la clasificación general. En 2024, los datos concretos se calcularon para formar 164 criterios.

Las percepciones de los ejecutivos se extraen de una encuesta en línea personalizada para 6.612 realizada entre febrero y mayo de 2024. Los encuestados evaluaron las cuestiones de competitividad respondiendo preguntas en una escala del 1 al 6, donde 1 indica una percepción negativa y 6 indica la percepción más positiva. Luego se calcula el valor promedio para cada economía y se convierte de 0 a 10. Finalmente, las respuestas de la encuesta se transforman en sus valores de desviación estándar, a partir de los cuales se calculan las clasificaciones. Las respuestas de la encuesta se calcularon para formar 92 criterios en 2024.

Todos los criterios se agrupan en cuatro factores principales:

- Desempeño económico
- Eficiencia gubernamental

- Eficiencia empresarial
- Infraestructura.

Dentro de cada uno se crean cinco subfactores, que no necesariamente incluyen la misma cantidad de criterios. Los subfactores, independientemente del número de criterios que contengan, tienen el mismo peso en la consolidación global de resultados: el peso de cada subfactor es del 5% (20 x 5 = 100).

La figura 23 muestra los primeros 25 países de este ranking nacional de competitividad según el IMD. De estos 25 países, 19 también están entre los 25 países más innovadores según el GII. Pareciera entonces que según los rankings de GII y WCR, existe una correspondencia importante entre ser un país innovador y ser un país competitivo.



Figura 23. Índice nacional de competitividad (WCR) de 5 países para 2024.
Fuente: <https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings>

Innovación y productividad

Iniciando con el trabajo pionero de Robert Solow (ver Solow (1957)), diversos estudios económicos han identificado una relación consistente entre la innovación y el crecimiento de la productividad PEN (2014). De acuerdo con esa evidencia, trabajos realizados en países de la OECD concluyen que la inversión en I+D es el principal factor que influye en el aumento de la productividad, y no lo contrario como podrían ser la inversión en capital y mano de obra OECD (2005b), OECD (2015), OECD (2017).

La prosperidad de las naciones es mayor cuando obtienen mayores grados de productividad en una economía basada en la innovación, creando así mayor riqueza por unidad de recursos invertida (Porter, 1990). Adicionalmente, Monge (2024a) menciona que la productividad es el factor más importante que determina el crecimiento económico de un país, a largo plazo. Una alta productividad genera crecimiento económico y una mayor competitividad, y con ello eleva el nivel de vida de los habitantes. Irlanda, Alemania, Corea del Sur, Estados Unidos y el Reino Unido son ejemplos de esto.

Helpman (2004) afirma que el cambio tecnológico es un factor determinante en la productividad de las naciones ya que más de la mitad del ingreso medio per cápita de los habitantes es determinado por esta. No solo eso, sino que más de la mitad del crecimiento económico está determinado por el incremento en la productividad.

La inversión en innovación es la mejor herramienta para mejorar la competitividad de un país.



(Brasil y Chile) respecto a sus SNI y sus resultados en materia de innovación, y concluyó que la inversión en I+D no produce frutos en el corto plazo, sino que demanda de varios años el obtener los resultados deseados. Es decir, se requieren políticas nacionales que comprometan a un país a largo plazo.

Por otro lado, Crespi et al. (2010) encontró evidencia empírica sólida sobre las relaciones entre los insumos y los resultados de la innovación, y entre estos y la productividad. En todos los países las empresas que invierten en conocimiento tienen mayor capacidad para introducir nuevos avances tecnológicos y las que innovan tienen una mayor productividad laboral que el resto de las empresas.

Monge (2020) analizó el caso de cuatro países desarrollados (Alemania, Finlandia, Israel y Países Bajos) y dos en vías de desarrollo

Los economistas definen la productividad total de los factores como la forma de medir que tan productiva es una economía. Keyu (2023) afirma que la innovación y el progreso tecnológico son los factores que a largo plazo hacen que una economía sea más productiva, y, por ende, más competitiva.

Según Porter, la competitividad está determinada directamente por la productividad, medida como el valor de la salida producida por cada unidad de recursos invertidos, mediante la fórmula:

$$P = O / I$$

donde

P es la productividad

O es el valor monetario de los resultados (productos o servicios)

I es el valor monetario de los insumos (mano de obra, capital, tierra, recursos naturales) invertidos para producirlos.

Esta razón permite determinar qué tan eficiente es la producción de valor con respecto a los insumos invertidos. Es importante porque la prosperidad de una nación depende de cuan productivamente se utilicen los recursos con los que cuenta. En un escenario de alta productividad las compañías de un país pueden estar mejorando y extendiendo sus ventajas competitivas, o en un escenario de poca productividad esas mismas empresas se podrían estar quedando rezagadas, en cuyo caso la productividad de la nación se atrofia. Se entra entonces en un círculo vicioso: la productividad no produce ventaja competitiva, lo que su vez afecta negativamente el crecimiento de la productividad nacional (Porter, 1990).

Utilizando esta fórmula, la OECD mide la productividad de los países como el valor del PIB producido por hora trabajada invertida, lo que mide qué tan eficientemente es invertida la mano de obra, junto con los otros factores de producción.

La Figura 24 compara la productividad de Costa Rica contra países miembros de la OECD. El valor económico promedio producido por hora trabajada en Costa Rica fue de \$28,91, mientras en Estados Unidos es de \$84,99, en Irlanda es de \$139,4, lo que quiere decir que la productividad en Costa Rica es apenas la cuarta parte de la productividad de EE. UU. y la quinta parte de la productividad de Irlanda.

En lo que respecta a productividad, existe los que los economistas han llamado “la trampa del ingreso medio” donde el crecimiento económico de un país se estanca después de alcanzar la categoría de ingresos medios y no puede alcanzar la categoría de ingresos altos. El Banco Mundial introdujo el término en 2007 y estima que 108 países están actualmente atrapados en la trampa de los ingresos medios. Según Keyu (2023), países tales como México, Perú, Malasia e Indonesia han experimentado épocas de crecimiento rápido, pero no han podido escapar a esta trampa. Los únicos 13 países que lo han logrado incluyen a Corea del Sur e Israel, que son los dos países con mayor inversión en I+D del mundo.

Algunas consecuencias de la trampa del ingreso medio incluyen:

1. Crecimiento lento.
2. Salarios estancados o en caída.
3. Una economía informal en crecimiento.

Costa Rica, por ejemplo, sufre actualmente de estos tres problemas.



Figura 24. Productividad por hora laboral de los países de la OECD.
Fuente: <https://civismo.org/economia/mercado-laboral/ranking-productividad/>

La figura 25 muestra el comportamiento de la productividad en los países de la OECD de 2000 a 2021.

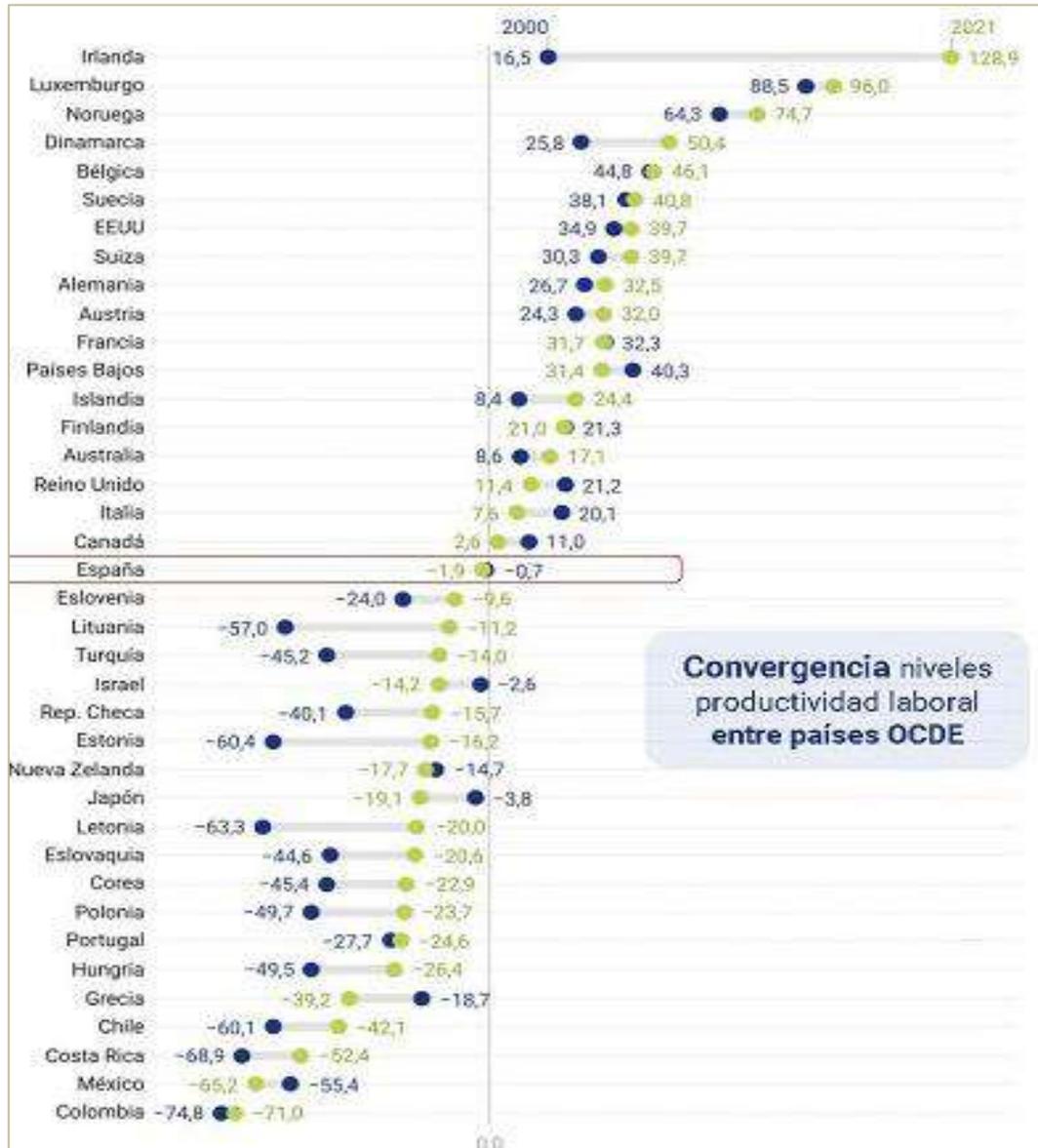


Figura 25. Convergencia de la productividad en los países de la OECD.
 Fuente: <https://civismo.org/economia/mercado-laboral/ranking-productividad/>

Estos datos muestran que del 2000 al 2021 Costa Rica ha mejorado su posición relativa al promedio de los países de la OECD pasando de -68,9 a -52,4. Aun así, la productividad nacional es actualmente apenas la mitad del promedio de la OECD, y esto es una consecuencia directa de la baja inversión en I+D que hace el país. Adicionalmente, Costa Rica es el tercer país de la OECD donde se trabajan más horas por año, solo superando a México y Colombia), lo que es una consecuencia más de la baja productividad por hora laboral. Entonces, que Costa Rica tiene un problema de falta de productividad con respecto a la mayoría de los países de la OECD, por lo que se hace necesario trabajar más horas por año para compensar la falta de creación de valor

agregado. La figura 26 muestra el número de horas trabajadas por año por país de la OECD. Únicamente superamos a México y Perú. Eso demuestra una muy baja productividad y una gran ineficiencia en la economía debido a la falta de innovación.

TOP 10 PAÍSES DE LA OCDE CON MÁS HORAS TRABAJADAS AL AÑO					
Puesto	País	Horas/Trabajador	Puesto	País	Horas/Trabajador
1	 Perú	2.252	6	 Israel	1.880
2	 México	2.207	7	 Corea	1.872
3	 Costa Rica	2.171	8	 Canadá	1.865
4	 Chile	1.953	9	 Croacia	1.837
5	 Grecia	1.897	10	 Malta	1.835

Figura 26. Horas de trabajo anuales promedio por país.

Fuente: OECD

Para aumentar la productividad se necesita generar conocimiento, es decir, invertir en innovación.



inversiones en innovación son el factor determinante en la mejora de la productividad y el crecimiento económico, y señala la relación de causalidad que existe entre la inversión en innovación y el aumento de productividad.

La clave para obtener un mayor nivel de productividad es la inversión en innovación, y la innovación a su vez es el resultado directo de la inversión en I+D; la que está influenciada por los siguientes factores principales:

- La calidad de la regulación.
- Protección de los derechos de propiedad.
- El código tributario.
- El régimen macroeconómico.
- La intensidad de la competencia.
- El desarrollo de la infraestructura.

Según Atkinson et al. (2012), la innovación es el principal determinante de la prosperidad de las naciones, por lo que muchas naciones están implicadas en la carrera para la innovación global.

El papel de la Investigación y Desarrollo

En Rivas et al. (2014) los autores afirman que “no hay desarrollo sin innovación”. Es por esta razón que lo que muchos países del mundo invierten partes importantes de su presupuesto público en proyectos de innovación, y también realizan ejercicios de comparación (benchmarking) de sus sistemas de innovación con respecto a referentes internacionales. Si analizamos los sistemas de innovación nacional y el grado de prosperidad de los países desarrollados deja claro que sin inversión en investigación y desarrollo (I+D) no es posible crear innovación de impacto, y, por ende, imposible alcanzar un nivel pleno de desarrollo que posicione al país entre el grupo de naciones prósperas.

La inversión en I+D es la causa principal del aumento de la productividad.



Por casi medio siglo economistas en países desarrollados han desplegado diversos métodos para estimar la tasa de retorno social¹ de las inversiones en innovación, con particular foco en las inversiones en I+D Crespi et al. (2012a). Estudios recientes señalan que las tasas de retorno social de la I+D en las economías desarrolladas pueden ser de un 40% o más (Hall et al. 2009; citado por Crespi (2010)), y es de un 32% en los países de la OECD. Más aún, en los 30 países en vías de desarrollo, como Costa Rica, los beneficios pueden ser aún mayores. Monge (2023) señala que la tasa de retorno de las inversiones en I+D en países en vías del desarrollo como Costa Rica tienden a ser superiores al 50%. Esto significa que la inversión en I+D puede llegar a ser hasta seis veces más beneficiosa que las inversiones en infraestructura física. Helpman (2004) afirma que las inversiones en I+D son sustancialmente más bajas que las inversiones de capital (que es entre cinco y siete veces más alta) porque la tasa de retorno sobre la inversión en I+D es varias veces mayor que las inversiones que se hagan en maquinaria y equipo.

Para lograr prosperidad se necesita crecimiento económico, y este se logra principalmente aumentando la productividad, y para aumentar la productividad se necesita generar conocimiento, es decir, invertir en innovación Azzoni et al. (2024). Está claro que los países de América Latina y el Caribe subinvierten en innovación, destinando la mayoría de los fondos públicos disponibles a la investigación básica que se realiza en las universidades y centros de investigación, mientras que el sector privado hace la mayoría de la investigación aplicada. En la región, Brasil lidera por mucho al resto de los países de la región donde representa el 62% del total de la inversión en I+D, esto debido a que su sector industrial, uno de los más diversificados de la región, efectúa el 70% de la

¹ La tasa de retorno social se define como un indicador de rentabilidad social de un proyecto, ya que permite evaluar el impacto social del mismo como la medición porcentual del beneficio que cada unidad monetaria invertida en el proyecto dejaría en la comunidad. Esta métrica es de fácil aplicación y permite comparar beneficios sociales entre proyectos.

inversión en I+D. Por otro lado, los demás países de la región muestran en general un estancamiento en sus niveles de innovación comparados con país OECD.

Más del 95% de la inversión mundial en I+D es hecha en países industrializados, razón por la cual existe una gran disparidad entre los niveles de vida en esos países y el resto del mundo Helpman (2004). La brecha de inversión en I+D como porcentaje del PIB entre el promedio de la OECD y LAC es de 1,8%, y las causas principales parecen ser la estructura productiva, el capital humano, y el conocimiento (Crespi et al., 2014). Estimaciones sobre el nivel óptimo viable de inversión en I+D que Costa Rica podría hacer oscilan entre 0,9% del PIB (Crespi, 2010) y el 2,53% del PIB (Monge, 2016). Cualquiera que sea el nivel óptimo, de acuerdo con el PIB per cápita de Costa Rica y la tasa de retorno social de la inversión en I+D, el tamaño de la inversión debe ser mayor.

Ahora, hay que aclarar que, aunque la evidencia es que la I+D fomenta la innovación, lo cierto es que la I+D puede o no ser parte de la actividad de la innovación, porque la innovación también puede incluir la adquisición de conocimiento existente, maquinaria, equipo y otros bienes de capital, capacitación, comercialización, diseño y desarrollo de software (OECD, 2015b). Es importante entonces separar las actividades que, aunque forman parte del proceso de innovación, no actividades de I+D estrictamente hablando. Aun así, la I+D se considera cada vez más como un insumo importante para la innovación en el contexto de una economía basada en el conocimiento, y por eso tiene una atención importante de las políticas públicas. Un proyecto de I+D debe tener como objetivo nuevos conceptos o ideas que mejoren el conocimiento ya existente OECD (2018). La tabla 10 enumera las actividades que según la OECD se consideran de I+D.

Tabla 10. Actividades consideradas como I+D según el Manual de Frascati de la OECD.
Fuente: *Manual de Frascati*, OECD (2015)

Materia	Tratamiento	Observaciones
Prototipos	Se incluyen en I+D	Siempre que el objetivo principal sea la realización de mejoras.
Planta piloto	Se incluye en I+D	Siempre que el objetivo principal sea la I+D.
Diseño industrial	Se incluye en I+D solo en parte	Se incluye el diseño necesario, solo en parte, para las actividades de I+D. Se excluye el diseño para los procesos de producción.
Ingeniería industrial y puesta a punto de maquinaria y herramientas	Se incluyen en I+D solo en parte	Se incluye la I+D "retroactiva" y las actividades de puesta a punto de maquinaria y herramientas e ingeniería industrial asociadas a la elaboración de nuevos productos y procesos. Se excluyen las relacionadas con los procesos de producción.
Producción experimental	Se incluye en I+D solo en parte	Se incluye si la producción requiere ensayos a escala natural, con los subsiguientes estudios de diseño e ingeniería. Se excluyen las actividades asociadas restantes.
Desarrollo previo a la producción	Se excluye de I+D	
Servicio postventa y detección de averías	Se excluyen de I+D	Excepto la I+D "retroactiva" (que sí se incluye).
Trabajos relacionados con patentes y licencias	Se excluyen de I+D	Todos los trabajos administrativos y jurídicos relacionados con patentes y licencias (el envío de documentación como resultado de un proyecto de I+D, sí es I+D), salvo los relacionados directamente con proyectos de I+D.
Ensayos rutinarios	Se excluyen de I+D	Se excluyen incluso si son realizados por personal de I+D.
Recogida de datos	Se excluye de I+D	Se excluyen salvo que sea parte integrante de la I+D.
Cumplimiento rutinario de los servicios públicos de inspección, control y aplicación de normas y reglamentos	Se excluyen de I+D	

La figura 27 muestra la inversión en I+D como porcentaje del PIB nominal de un conjunto de países. Israel con 5,71% es el más alto del mundo, seguido por Corea del Sur con 4,78%, EE. UU. con 3,01% y China con 2,24%. El promedio de los países de la OCDE es de 2,95% y Costa Rica se ubica muy por abajo con únicamente 0,28% de su PIB dedicado a la innovación.

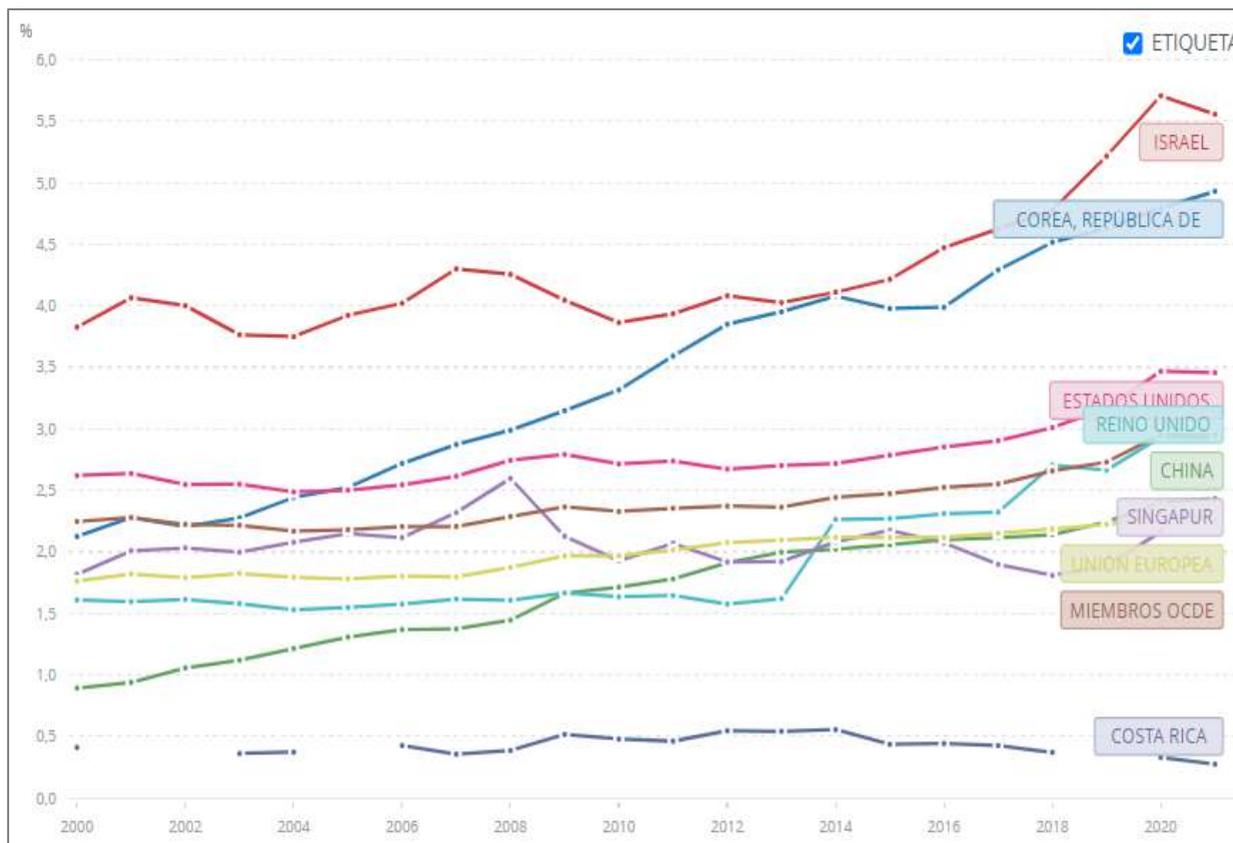


Figura 27. Inversión en I+D de varios países como porcentaje del PIB.

Fuente: Banco Mundial <https://datos.bancomundial.org/indicador>

Además de la inversión hecha por los gobiernos, la inversión por parte de capital de riesgo juega también un papel importante en la cantidad de I+D que un país puede realizar. La figura 28 muestra la inversión de capital de riesgo por país en 2023. EE. UU. lidera con \$153 mil millones, seguido por China con \$54,7 mil millones y el Reino Unido con \$17,9.

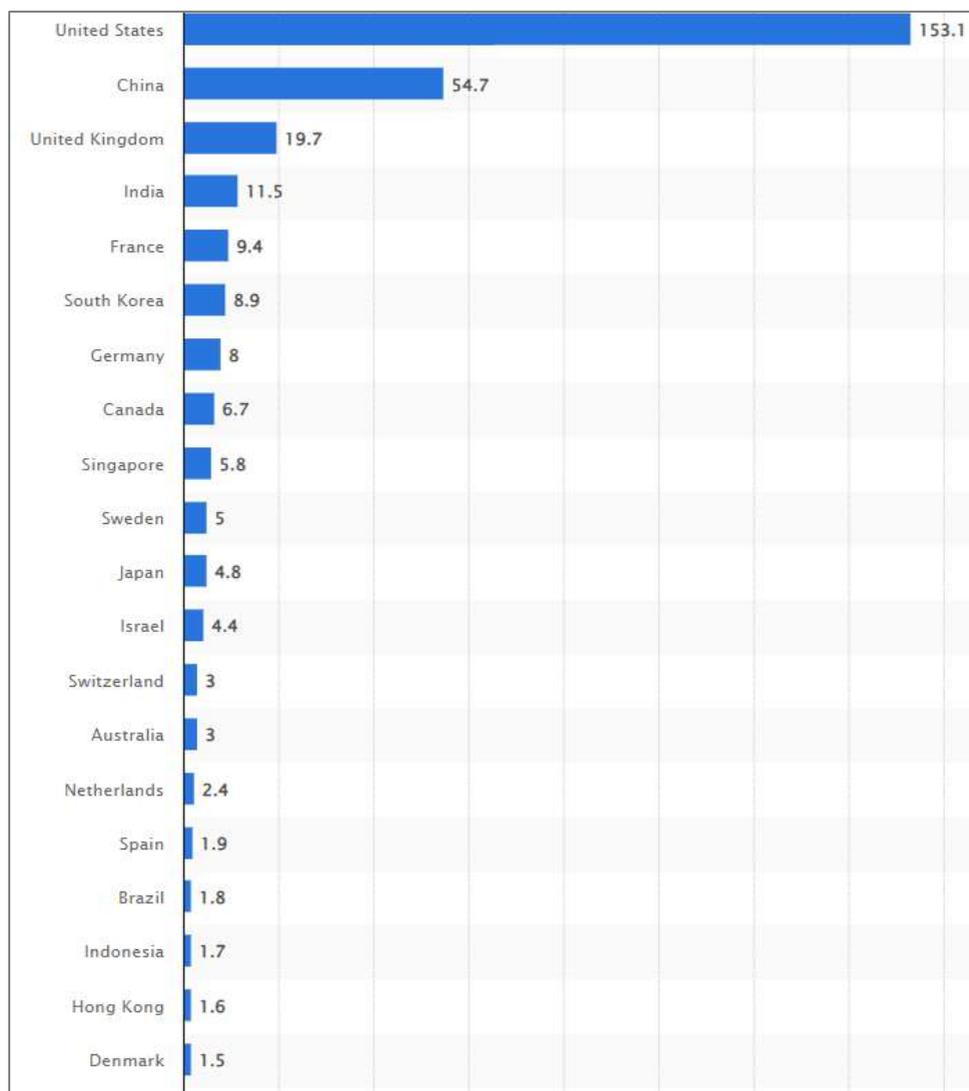


Figura 28. Inversión de capital de riesgo por país en 2023 (en miles de miles de dólares).

Fuente: <https://www.statista.com/statistics/1480489/venture-capital-investments-by-country/>

El papel de las TIC en la innovación

Helpman (2004) argumenta que en los siglos XIX y XX la principal fuente de crecimiento económico en los países desarrollados fue la ciencia y tecnología, en industrias tales como la electrónica, automovilísticas, aeroespaciales, nucleares y biológicas.

En las postrimerías del siglo XX, las TIC empiezan a jugar un papel preponderante en el aumento de la productividad. Debido a su ubicuidad como herramienta tecnológica, las TIC influyen directamente en la capacidad de las empresas e instituciones para realizar I+D con eficacia. Por otro lado, el desarrollo de software es en sí una actividad tecnológica innovadora, muy intensa en conocimiento, que a veces puede incorporar actividades que se consideran de I+D. Para que un proyecto de desarrollo de software pueda ser clasificado como I+D, el software debe contribuir con un avance científico-tecnológico (OECD, 2015b).

Las TIC han producido una revolución digital en todos los aspectos de las sociedades modernas, creando el impulso principal para lo que se ha llamado la cuarta revolución industrial, en donde las TIC son ubicuas y altamente disruptivas. La economía de costo marginal cero que ha introducido la era digital ahora permite crear una nueva unidad de producto o servicio con costo marginal cercano a cero. Este fenómeno ha sido sintetizado en (Rifkin 2014) donde el autor describe que una sociedad moderna requiere de tres grandes componentes económicos para funcionar:

1. **Una fuente de energía.** Hoy en día son principalmente la electricidad y el petróleo.
2. **Un sistema de comunicación.** Hoy en día son primordialmente digitales, tanto alámbricas como inalámbricas, incluyendo tanto la Internet como los medios de comunicación masiva tradicional.
3. **Un sistema de transporte y logística** para mover mercaderías y personas de un lugar a otro.

Estos tres componentes se utilizan para generar todos los productos y servicios de una nación. Aquel emprendedor, empresa, sector industrial, país o región del mundo que pueda incorporar innovaciones disruptivas en cualquiera de estos tres componentes generará una gran cantidad de riqueza. Por ejemplo, los automóviles autónomos en el sistema de transporte, las comunicaciones a través de Internet, y las invenciones de transporte de mercaderías del comercio electrónico.

En las postrimerías del siglo XX, las TIC empiezan a jugar un papel clave en la disrupción de estos tres componentes de la economía pues permiten la digitalización de estos. La digitalización es el uso sistemático de las TIC para migrar procesos y modelos de negocio y así generar nuevos ingresos y oportunidades de creación de valor. En la economía digital del Siglo XXI, las empresas cada vez más

deben pasar por el proceso de mudarse a un negocio más digital, o perecer. Actualmente advertimos que las TIC están generando una gran disrupción en casi todos los sectores económicos, y lo hacen mediante tres formas principales McKinsey (2017):

1. **La desintermediación.** La Internet hace desaparecer a los intermediarios entre el productor y el usuario final. Por ejemplo, las mercaderías digitales tales como libros y música, los bancos digitales o *fintechs*.
2. **La desagregación.** La robótica y la inteligencia artificial pueden particionar los procesos y productos complejos en sus componentes principales y automatizarlos lo más posible para mejorar su eficiencia. Por ejemplo, los bancos han utilizado Internet para disminuir sus costos operativos ofreciendo digitalmente la mayoría de sus servicios.
3. **La desmaterialización.** La Internet, la impresión 3D y la realidad virtual convierten a los productos físicos en digitales, facilitando su manufactura y distribución. Los libros, las películas y la música en formatos digitales son los mejores ejemplos.

La Figura 29 resume este argumento: la disrupción en cada componente de la economía (energía, comunicaciones, y transporte) está siendo causada por las TIC mediante estas tres fuerzas (desintermediación, desagregación, y desmaterialización).

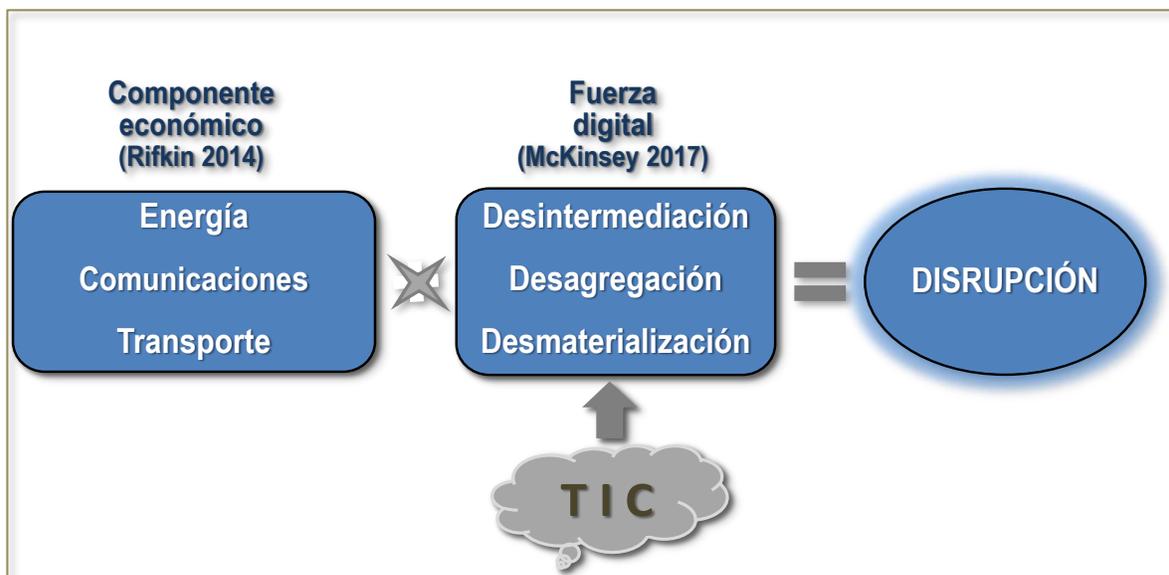


Figura 29. La disrupción económica causada por las TICs.

Fuente: Elaboración propia.

Las innovaciones digitales más importantes de la segunda mitad del siglo XX fueron:

- El transistor (John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Shockley de Bell Labs en 1947).
- El circuito integrado o *chip* (Jack Kilby de Texas Instruments en 1959).
- La Internet (proyecto de ARPANET en 1969).
- La World Wide Web (Tim Berners-Lee trabajando en CERN en 1992).

Con base en estas y otras TIC, el Siglo XXI será sin duda el siglo digital Barriga (2016). Las TIC han llegado a ser tan importantes que unos de los 24 comités técnicos de la OECD versan sobre el tema de economía digital.

Por otro lado, la inversión que hacen los países (y sus empresas e instituciones) en TIC tiene una influencia importante en al grado de innovación. Una condición clave para que las empresas utilicen tecnologías digitales es la inversión que hacen en estas y las. Este indicador mide la inversión en TIC como porcentaje del producto interno bruto (PIB) y proporciona una medida de la difusión de las TIC en toda la economía. La figura 30 muestra el porcentaje de inversión en TIC por país. Costa Rica, aunque el dato es de 2016, solo supera a Islandia y Polonia, lo que nos indica que el país no está muy maduro en la absorción de TICs.

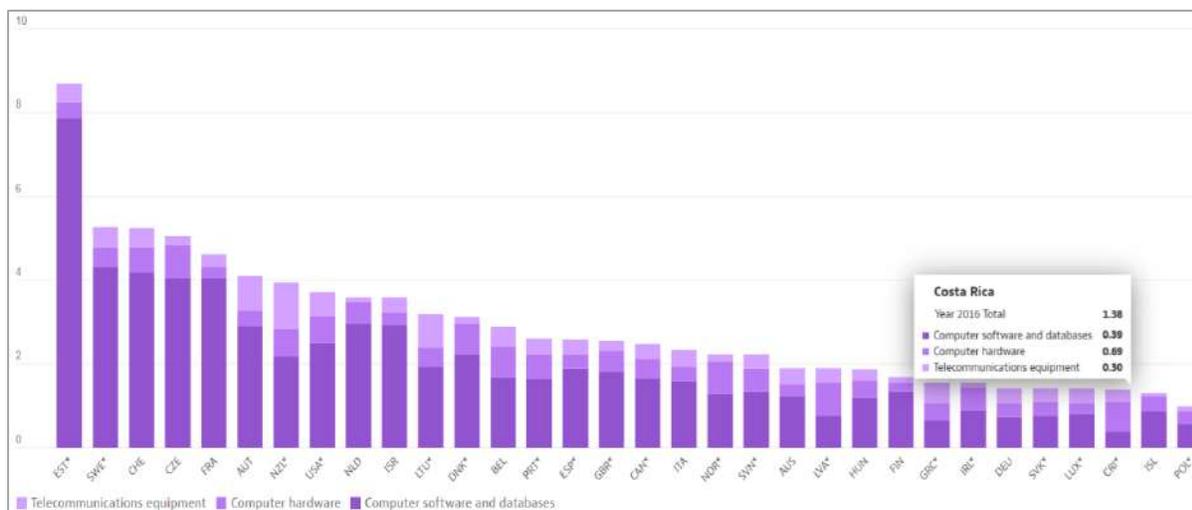


Figura 30. Intensidad de la inversión en TIC por país OECD como porcentaje del PIB en 2022.

Fuente: <https://goingdigital.oecd.org/indicator/30>

Si analizamos la historia de los últimos 250 años de industrialización a nivel mundial, la primera revolución industrial fue impulsada por la máquina de vapor y los procesos de manufactura automatizada, la segunda por las máquinas para la manufactura masiva, que funcionan con base en el petróleo, la electricidad, y la tercera revolución ha sido impulsada por la informática Schwab (2016). Actualmente, según Barriga (2016) la cuarta revolución industrial es primordialmente digital Sin desconocer los importantes avances que se están dando en otras áreas tales como la nanotecnología, la biotecnología, las ciencias de los materiales, y la industria farmacéutica, son la sofisticación y la masificación de las TIC las que principalmente están

estimulando la el incremento de la productividad a nivel mundial, y las que más innovación están generando desde el punto de vista económico, al punto que actualmente 7 de las 10 empresas más valiosas del mundo son de la industria TIC, tal y como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Las diez empresas más valiosas del mundo por capitalización de mercado a setiembre de 2024

Fuente: <https://companiesmarketcap.com/>

Rank	Name	Market Cap
1	 Apple AAPL	\$3.381 T
2	 Microsoft MSFT	\$3.035 T
3	 NVIDIA NVDA	\$2.629 T
4	 Alphabet (Google) GOOG	\$1.943 T
5	 Amazon AMZN	\$1.867 T
6	 Saudi Aramco 2222.SR	\$1.776 T
7	 Meta Platforms (Facebook) META	\$1.307 T
8	 Berkshire Hathaway BRK-B	\$1.001 T
9	 TSMC TSM	\$848.96 B
10	 Eli Lilly LLY	\$821.86 B

Bosch (2017) describe la lista de las TIC y las áreas de la economía en las que provocan disrupción:

- Computación en la nube (*cloud computing*)
- Analítica de grandes datos (*data science*)
- Impresión 3D
- Internet de las cosas (*IoT*)
- Robótica
- Cadenas de datos (*blockchain*)
- Realidad virtual
- Computación cuántica (*quantum computing*)
- Neuro tecnología
- Nano y microsatelites

Específicamente, Costa Rica tiene la oportunidad de insertarse en las cadenas de valor mundiales en más de una de estas tecnologías debido al relativo desarrollo del clúster de TIC nacional.

La innovación en América Latina y el Caribe

La figura 31 muestra el modelo de la CEPAL que muestra un sistema de innovación. A la izquierda están las entradas (inversiones) que se hacen en actividades de innovación, a la derecha las salidas (outputs) tales como publicaciones y patentes. En el centro se ubican los actores encargados de innovar, que incluyen al gobierno, las universidades e institutos de investigación, y a las empresas públicas y privadas.



Figura 31. Productos de las actividades de innovación
Fuente: CEPAL

Tal y como muestra la figura 32, los países de la región de América Caribe y el Caribe invierte un 0,56% de su PIB en innovación, lo que representa un rezago importante en la inversión que realizan en I+D con respecto a países más desarrollados. Por ejemplo, la mayor inversión la hacen Israel (5,56%), seguido de Corea del Sur (4,93) y EE. UU. (3,46%). El promedio de la OECD es de 2,3% y China invierte el 2,43% de su PIB. El país LAC con mayor inversión es Brasil con un 1,16% de su PIB, lo que representa a su vez el 62% del total de la inversión de la región.

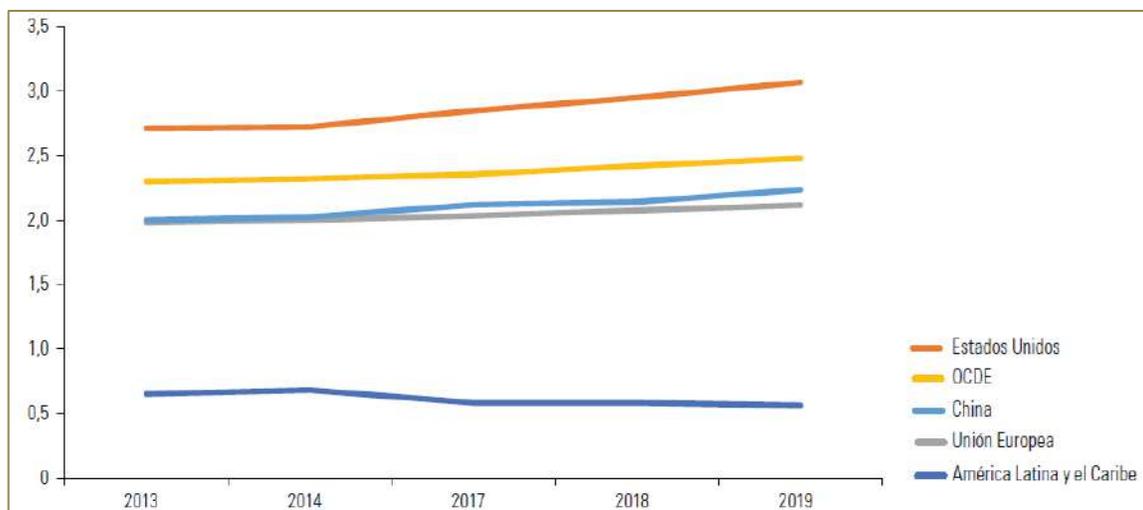


Figura 32. Inversión en I+D como porcentaje del PIB nacional por región

Fuente: CEPAL, con base en datos de RICYT (<http://www.ricyt.org>) y OCDE (<http://stats.oecd.org/>)

Así pues, LAC presenta los siguientes problemas relacionados con su inversión en I+D:

1. La inversión es la cuarta parte del promedio de la OECD y la quinta parte de EE. UU.. La región ha sido incapaz de cerrar la brecha con los países desarrollados, sino que esta se ha ido ensanchando en los últimos años.
2. En los países desarrollados y así como en China, las empresas privadas hacen la mayor parte de la inversión en I+D. Por ejemplo, en EE. UU. y la Unión Europea y los países de la OCDE, este indicador supera el 60%, mientras que en China supera el 80%. En LAC, al contrario, este indicador es totalmente inverso, lo que significa que el sector privado subinvierte en innovación, tal y como se muestra en la figura 33 A y B, donde se muestra un decremento como porcentaje del total en la inversión gubernamental durante la última década.
3. La inversión en innovación es muy heterogénea entre los países de la región. La CEPAL agrupa los países en tres grupos:
 - a. Aquellos que han aumentado el gasto en I+D hasta duplicarlo con creces, como Cuba, El Salvador y el Perú.
 - b. Aquellos que muestran una trayectoria no bien definida y que en el período han registrado un avance inferior al 20%, tales como Chile, Colombia y Costa Rica.
 - c. Aquellos que mostraron una tendencia a disminuir el gasto en I+D, entre los que se encuentran la Argentina, el Brasil y México.

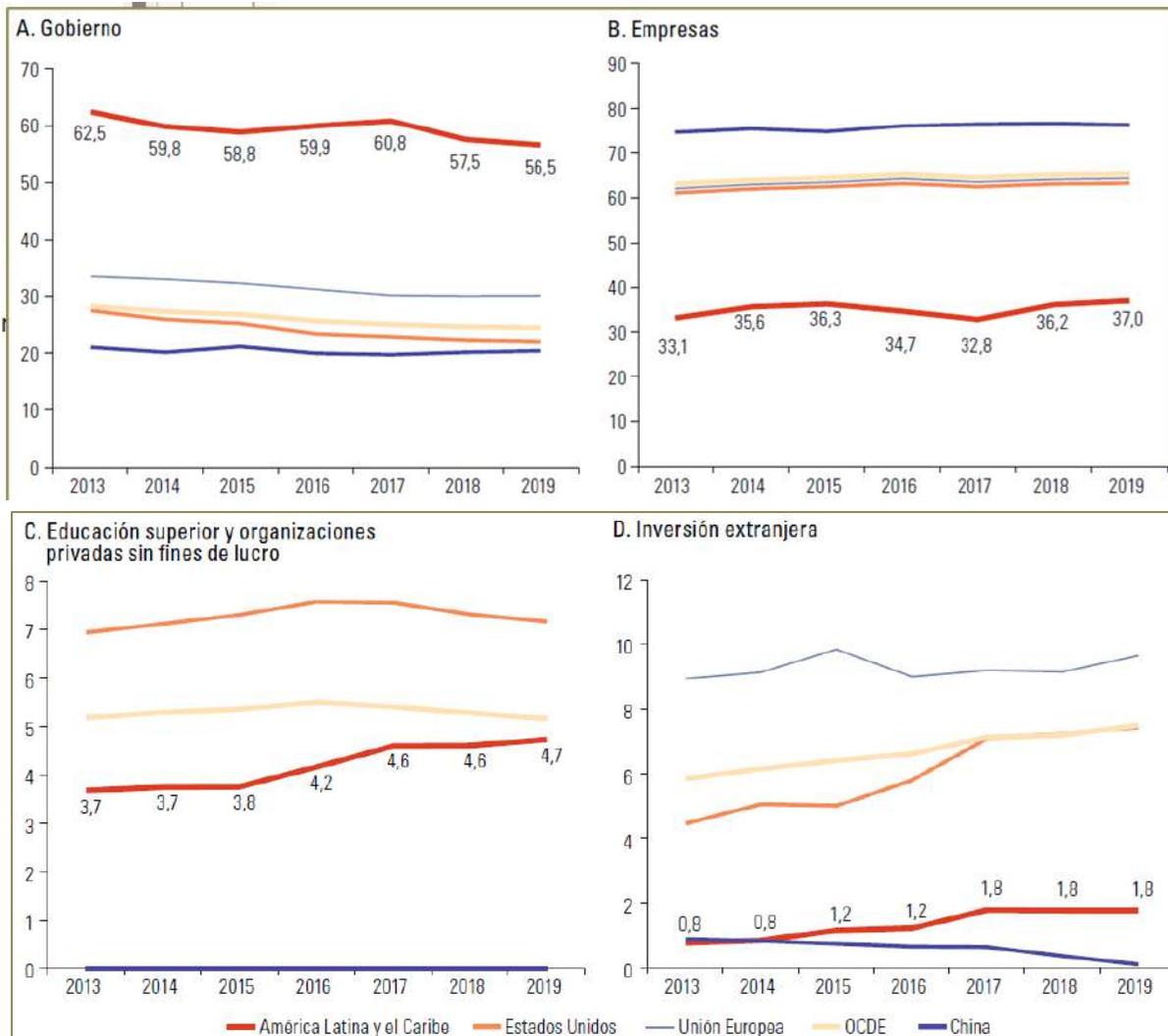


Figura 33. Inversión en I+D como porcentaje del PIB nacional por sector

Fuente: CEPAL, con base en datos de RICYT (<http://www.ricyt.org>) y OCDE (<http://stats.oecd.org/>)

Del lado de la oferta, LAC también muestra un rezago. Por ejemplo, la figura 34 muestra el porcentaje de investigadores en la por cada 1.000 personas de la población económicamente activa en 2019. América Latina y el Caribe registra como promedio 1,21 investigadores por cada 1.000 personas de la población económicamente activa (PEA). La Argentina lidera en este indicador, con casi 3 investigadores por cada 1.000 personas incluidas en la PEA, seguido con Uruguay con 1,4. Costa Rica alcanza un 0,7.

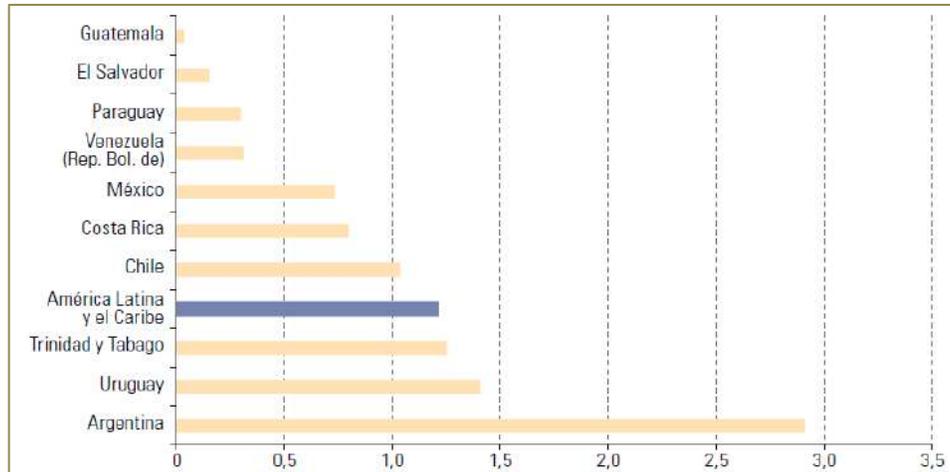


Figura 34. Porcentaje de investigadores en la población económicamente activa, 2019 (Por cada 1.000 personas)

Fuente: CEPAL, con datos de RICY (<http://www.ricyt.org>).

La figura 35 muestra el número de miles de investigadores por cada millón de habitantes y su evolución de 2012 a 2021, según datos del Banco Mundial. En los países de la OECD el promedio es de 4.079 investigadores por cada millón de habitantes, mientras que para Chile es 1.284, Costa Rica 399, México 384, y Colombia 90. Los cuatro países LAC miembros de la OECD están muy por debajo del promedio.

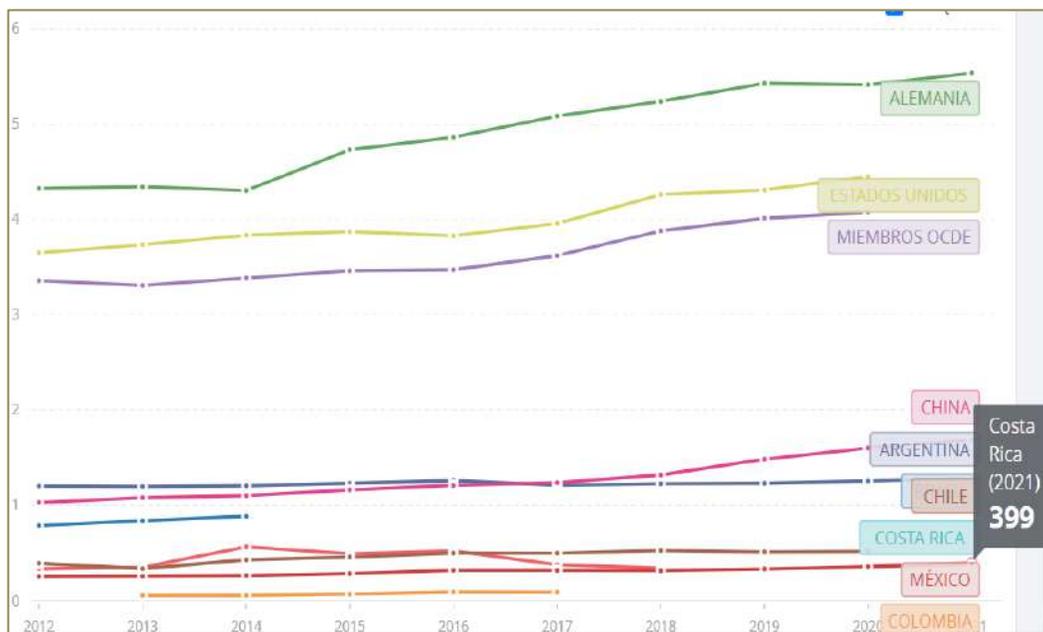


Figura 35. Número de miles de investigadores por cada millón de habitantes en y su evolución entre 2012 y 2021.

Fuente: Banco Mundial <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.SCIE.RD.P6>

Los países siempre requieren desarrollar un nivel mínimo de I+D para buscar y adaptar tecnologías ya desarrolladas a las condiciones locales con el fin de converger. En LAC particularmente, el valor de la I+D surge de su rol como vehículo para la transferencia y la adaptación tecnológica Crespi (2014).

Otro índice interesante es el *Government AI Readiness Index* de Oxford Insights que mide la capacidad de desarrollo y absorción de inteligencia artificial que tienen los países Hankins (2023). Este índice se calcula con base en 39 indicadores en 10 dimensiones, que conforman 3 pilares: Gobierno, Sector Tecnológico, y Datos e infraestructura. La figura 36 muestra los resultados de 2023 para los países LAC.

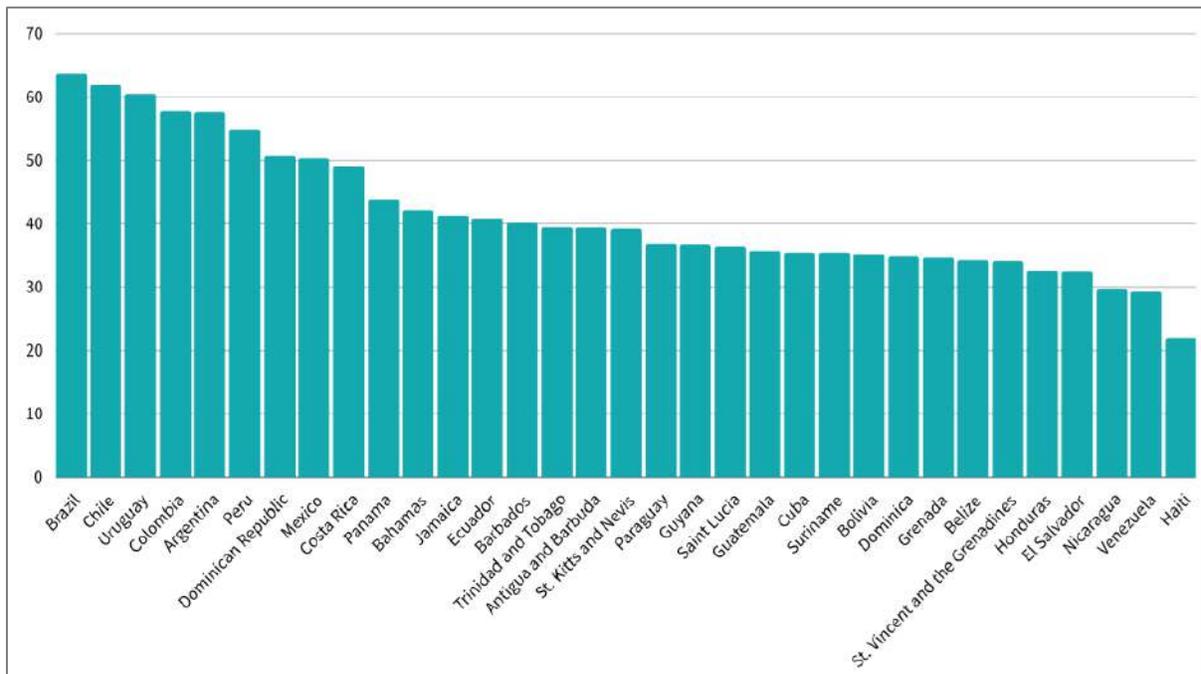


Figura 36. Índice de capacidad de IA.

Fuente: Hanken (2023).

Según este índice, LAC presenta un puntaje promedio de 41,50, ubicándose en el puesto 6 entre las 9 regiones cubiertas. Hay una diferencia sustancial, de casi 40 puntos, si se compara con la región líder, América del Norte. También hay disparidades significativas dentro de la región: con 63,70, Brasil, el país con el ranking más alto, está casi 42 puntos por delante de Haití, el país con el ranking más bajo, con 21,97. Por otro lado, cinco países (Brasil, Chile, Uruguay, Colombia y Argentina) se destacan del resto con puntuaciones entre 63,70 y 57,72 puntos. Claramente, los países LAC están rezagados en la capacidad de innovación dimensión del pilar del Sector Tecnología, donde encontramos una brecha de casi 10 puntos entre el promedio regional y global. En el pilar del Sector Tecnología, Brasil (45,08) emerge como el líder regional, manteniendo una ventaja de aproximadamente 5 puntos sobre Chile (40,90) y México (39,55), que son los países que ocupan el segundo y tercer lugar, respectivamente. Costa Rica se ubica en el 9no puesto en LAC y puesto 74 en el mundo con un puntaje de 49,12, calculado como sigue:

Pilar gobierno	53,41
Pilar sector tecnología	33,20
Pilar infraestructura	60,76

Adicionalmente, el Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial ranqueó a los países 19 países LAC en tres categorías según el grado de madurez de sus ecosistemas de IA: Pioneros, Adoptantes y Exploradores.

- 1. Pioneros:** Países con un importante desarrollo de infraestructura, buen nivel de talento humano especializado en IA, un entorno robusto para impulsar la innovación, y con estrategias nacionales orientadas a fomentar el progreso de la tecnología.
- 2. Adoptantes:** Países que, con una integración incipiente de la IA en los sectores productivos, en servicios y la administración pública. Muestran avances significativos en materia de investigación, pero no al nivel de los «Pioneros» y cuentan con una disposición a impulsar estrategias de inversión en IA.
- 3. Exploradores:** Países que están en las etapas iniciales de IA, desarrollando capacidades básicas, proyectando políticas públicas preliminares y dando los primeros pasos hacia la integración de esta tecnología.

Los resultados se muestran en la figura 37. Costa Rica se ubica en el puesto 9no en LAC con un puntaje de 43,63, en la categoría de países adoptantes de IA.

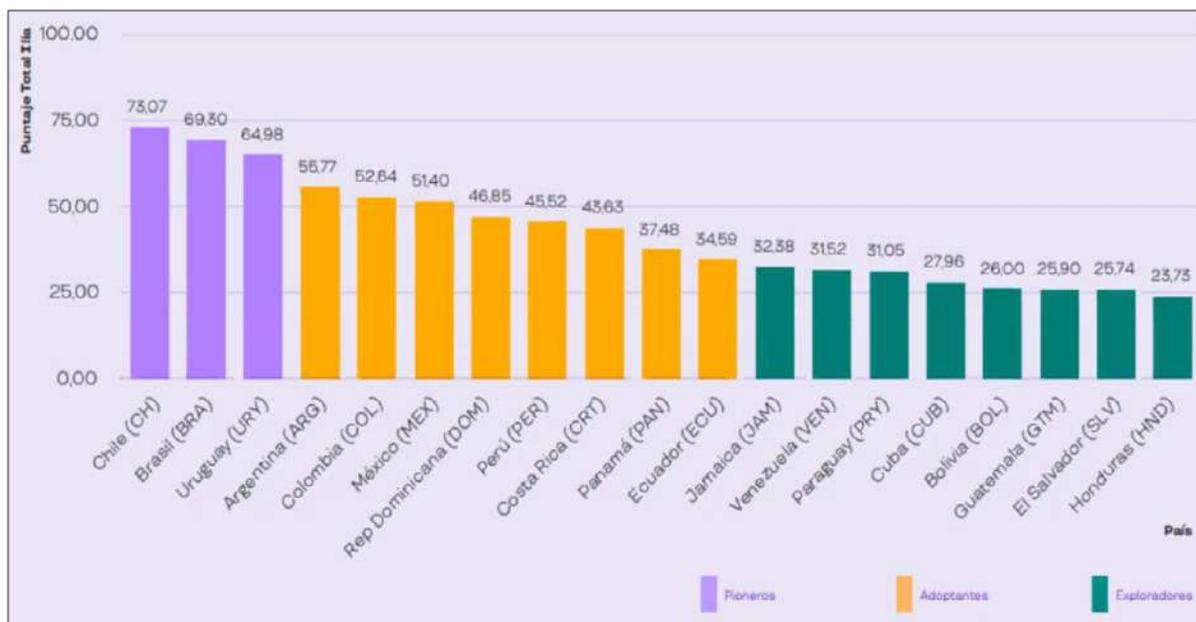


Figura 37. Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial 2023.

Fuente: <https://indichelatam.cl/>

En cuanto a la institucionalidad implementada en los países LAC, la CEPAL destaca tres aspectos:

1. Los presupuestos de ciencia y tecnología se han reducido en los últimos años.
2. Se dan muchas discontinuidades ocasionadas por los ciclos políticos y cambios de gobierno.
3. Las políticas públicas para la innovación son muchas veces implícitas y no están explícitas.

Otro indicador importante es el coeficiente de invención que mide el número de patentes solicitadas por residentes por cada 100 000 habitantes de cada país. La figura 38 muestra los números para algunos países. El promedio en LAC es de 1,5 y para Costa Rica es de 0,7, muy por abajo de Uruguay que tiene de 2,7 y Chile con 2,0. México con 0,9 y Argentina con 0,9 también nos superan.

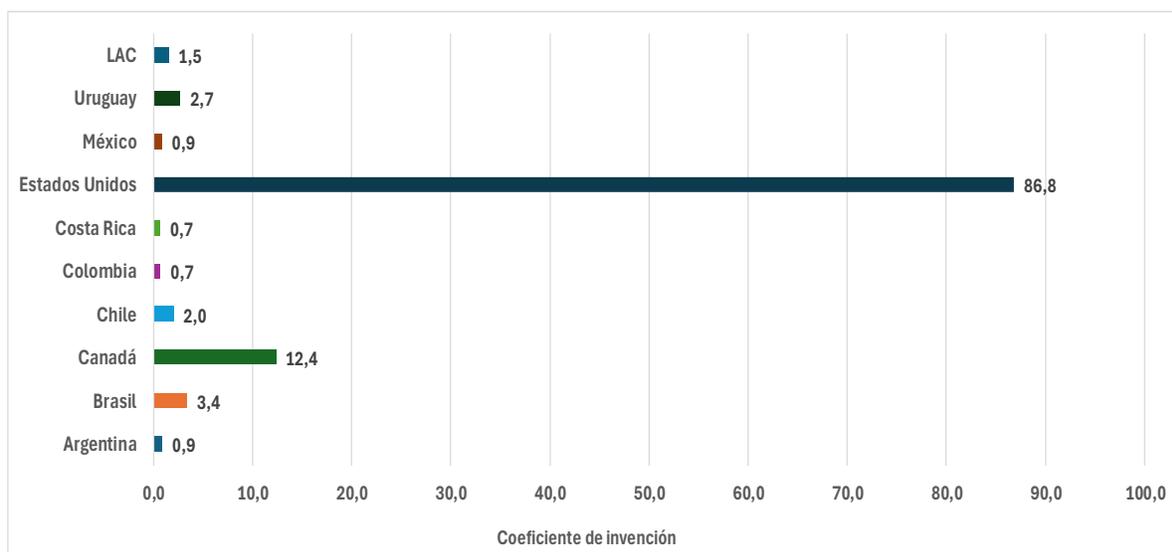


Figura 38. Coeficiente de invención de algunos países de LAC, EE. UU. y Canadá (números más recientes entre 2018 y 2021).

Fuente: Elaboración propia con datos de RICYT (<https://www.ricyt.org/category/indicadores/>).

Algo para tener en cuenta es que el impacto de los programas de innovación empresarial es mucho más alto en industrias o sectores que tienen un alto nivel de competencia, siendo inclusive negativo el impacto en aquellas con un muy bajo nivel de competencia Crespi et al. 2010.

En LAC el porcentaje de empresas que reciben transferencia tecnológica son muy bajos. En EE. UU. y Canadá alrededor del 10% de las empresas se benefician de este tipo de programas, mientras que en LAC es de menos del 2%, siendo menos de un 1% para Costa Rica. Son programas aún incipientes.

Las claves del éxito son crear capacidades institucionales para:

- Establecer estrategias a largo plazo. Por ejemplo, crear un consejo permanente de innovación, tal y como tiene Costa Rica desde el 2010.
- Coordinar las políticas de innovación, principalmente entre los ministerios y sus

- agencias.
- Implementar las políticas, con unidades gestoras capaces y eficientes.
 - Monitorear, evaluar, y rendir cuentas de los proyectos implementados.

Actualmente los instrumentos de políticas de innovación en LAC no son muy diferentes a los países desarrollados. Se están utilizando muchos los incentivos fiscales y los subsidios para la innovación. Los primeros no se usan en Costa Rica y los últimos sí. Los incentivos fiscales pueden subsistir con programas especiales de crédito para financiar la adopción de tecnología en las empresas. Este sería el caso de SBD en Costa Rica. Algunos países están favoreciendo ya no proyectos innovación empresarial individuales (una empresa) sino programas integrales que abarcan sectores enteros. Por ejemplo, el proyecto *Scale Up* de MICITT con la Cámara de Tecnologías de Información y Comunicaciones (CAMTIC).

A pesar del progreso de los últimos 20 años, LAC no ha podido converger con los países desarrollados en términos de productividad, y, por el contrario, la brecha se ha agrandado. La brecha de inversión en innovación también se ha agrandado, lo que demuestra una severa deficiencia de innovación en la región. Costa Rica no escapa a este problema.

En conclusión, el estado actual de los sistemas de innovación en los países de América Latina y el Caribe no es bueno. El último informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sobre innovación resume muy bien la situación general de la región:

“...América Latina y el Caribe presenta un importante rezago en términos de recursos destinados a ciencia, tecnología e innovación. Si bien la institucionalidad pública de apoyo a estas áreas ha mostrado avances importantes en los últimos años, ya sea a través de la creación de ministerios temáticos o del fortalecimiento de las instituciones especializadas, la ciencia, la tecnología y la innovación aún no se expresan activamente en las políticas de desarrollo productivo y social, ni en los presupuestos de los países.

De hecho, entre las prioridades nacionales, la ciencia básica —implementada esencialmente por universidades y centros de investigación— mantiene su predominio sobre la ciencia aplicada y el desarrollo experimental, liderados por el sector privado. Más aún, la batería de instrumentos de política de apoyo a la ciencia, la tecnología y la innovación parece incompleto e insuficiente para generar un impulso importante en este ámbito a nivel regional.” CEPAL (2022)

En LAC las políticas industriales, tales como subvenciones a industrias locales y proteccionismo con tarifas de importación, a menudo han causado más daño que bueno Crespi (2024).

Los sistemas nacionales de innovación

El término *Sistema Nacional de Innovación* (SNI) se originó con Christopher Freeman y Bengt-Åke Lundvall a fines de la década de 1980. La investigación de Freeman se basó en gran medida en la economía política de Friedrich List y su relato histórico del ascenso de Japón como superpotencia económica Freeman, C. (1987). El trabajo de Lundvall exploró las importantes interacciones sociales entre proveedores y clientes y su papel en el fomento de la innovación en Dinamarca Lundvall, B.A. (2010).

Un Sistema Nacional de Innovación se puede definir como el conjunto de tecnologías e información entre actores del sistema (personas, empresas o instituciones), que es clave para impulsar y gestionar el proceso innovador a nivel de un país. Se sabe que la innovación y el desarrollo tecnológico son resultados de un conjunto complejo de relaciones entre los actores del sistema, que incluye empresas, universidades e institutos de investigación gubernamentales, y organizaciones no gubernamentales, entre otros.

Diferentes autores proponen definiciones alternas de un sistema nacional de innovación de la siguiente manera:

"... la red de instituciones en los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías."
Freeman (1995).

"... los elementos y relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso de conocimiento nuevo y económicamente útil... y que están ubicados dentro de las fronteras de un estado-nación o arraigados dentro de las mismas."
Lundvall (2010).

"... un conjunto de instituciones cuyas interacciones determinan el desempeño innovador... de las empresas nacionales." Nelson (1993).

"Las instituciones nacionales, sus sistemas de incentivos y sus competencias, que determinan la velocidad y dirección del aprendizaje de la tecnología... en un país." Patel and Pavit (1994).

"... las instituciones nacionales, sus estructuras de incentivos y sus competencias, que determinan la tasa y la dirección del aprendizaje tecnológico (o el volumen y la composición de las actividades generadoras de cambio) en un país." OECD (1986).

"... ese conjunto de instituciones distintas que conjunta e individualmente contribuyen al desarrollo y difusión de nuevas tecnologías y que proporciona el marco dentro del cual los gobiernos formulan e implementan políticas para

influir en el proceso de innovación. Como tal, es un sistema de instituciones interconectadas para crear, almacenar y transferir el conocimiento, las habilidades y los artefactos que definen las nuevas tecnologías."

Stoneman (1995).

"El sistema nacional de innovación es un sistema abierto, evolutivo y complejo que abarca las relaciones dentro y entre organizaciones, instituciones y estructuras socioeconómicas que determinan el ritmo y la dirección de la innovación, y el desarrollo de competencias que emanan de procesos de investigación basados en la ciencia y aprendizaje basado en la experiencia". Lundvall et al. (2009)

Estas definiciones académicas tienen algo en común: todas ellas definen un SNI como un conjunto de actores con funciones específicas que interactúan entre sí para fomentar la innovación en un país o región.

El enfoque original del Freeman (1982) fue estudiar cómo los países pueden generar y absorber conocimiento con el propósito de fomentar el desarrollo económico. Es decir, el capital más importante no es físico o financiero, sino intelectual Lundvall (2009). Freeman (1995) apunta además que resulta a veces más importante la capacidad de difusión del conocimiento que tenga un país o región para absorber y utilizar el conocimiento (lado de la demanda) que ser el primero en salir con una innovación (lado de la oferta). Este es el caso de países como Suiza, Dinamarca y Noruega, países relativamente pequeños que rara vez generan alguna innovación radical, pero que son muy buenos en absorber eficientemente innovaciones externas (tienen una alta capacidad de absorción), y esto se debe a la calidad de sus sistemas educativos, además de contar con sistemas políticos y legales fuertes y estables. Ahora, resulta que este modelo no es necesariamente generalizable a otros países.

Las siguientes definiciones de Fagerberg (2009) son importantes de considerar:

- La capacidad tecnológica se define como "la capacidad de hacer un uso eficaz del conocimiento tecnológico para asimilar, utilizar, adaptar y cambiar tecnologías existentes".
- La capacidad de absorción es "la habilidad de una firma o entidad de reconocer el valor de información externa nueva, asimilarla y aplicarla con propósitos comerciales".
- La capacidad social de un país o región es determinada por "el nivel general de educación y competencias técnicas, las instituciones comerciales, industriales y financieras que gestionan los negocios, y de las características políticas y sociales que influyen los riesgos, los incentivos y las recompensas personales de las actividades económicas". Esto determina la oportunidad de un país o región de adaptar y adoptar las mejores tecnologías y prácticas organizacionales de economías más avanzadas.
- Capital social son los "atributos de la organización social, tales como la confianza, las normas, y las redes, que pueden mejorar la eficiencia de la sociedad mediante la coordinación de acciones".

Ahora, según Campos (2023), los componentes de un sistema nacional de innovación se muestran en la figura 39. Existen cuatro componentes principales: el gobierno, las políticas de apoyo a la I+D, las empresas, las entidades financieras, y el sistema educativo. Estos tres se mueven en el ambiente macroeconómico del país.

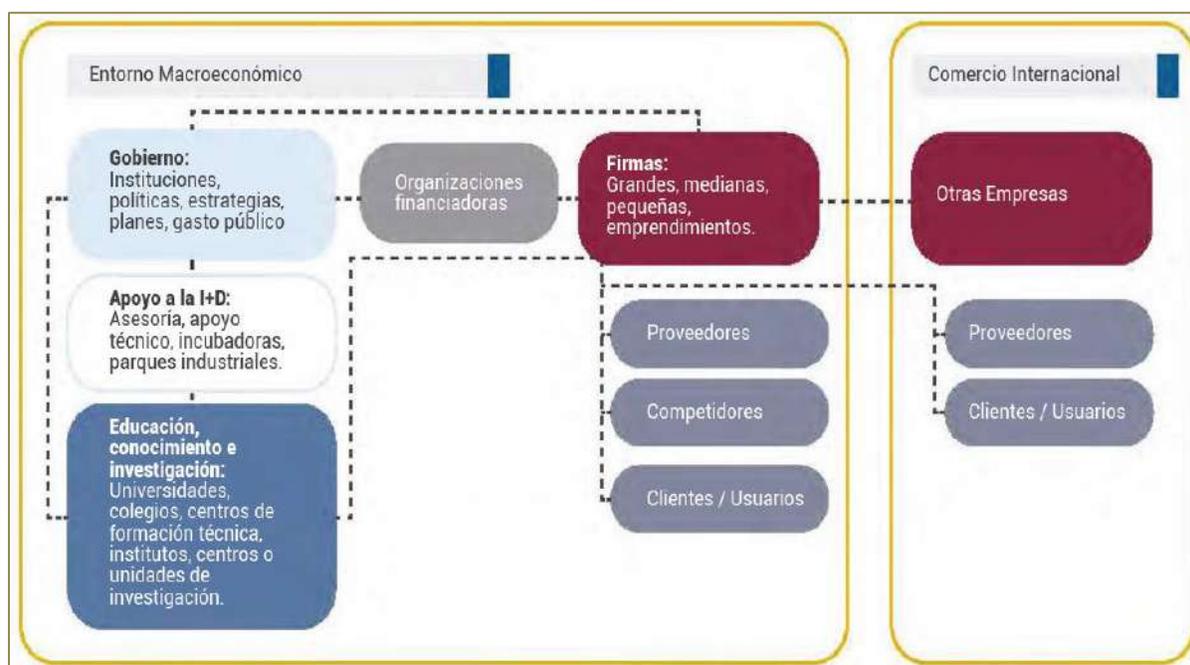


Figura 39. Componentes de un sistema nacional de innovación.

Fuente: Campos (2023).

Complementariamente, Edquist (2006) define un SNI funcionalmente listando la lista de funciones o acciones que debe realizar, a saber:

- I+D.
- Creación de capacidades
- Creación de nuevos mercados de productos
- Articulación de necesidades de los usuarios
- Creación y modificación de organizaciones
- Redes de conocimiento
- Creación y modernización de instituciones,
- Incubación
- Financiamiento.
- Consultoría sobre innovación.

Según Lundvall (2009), esta lista de acciones podría ser utilizada por los gobiernos u otros interesados como una lista de chequeo para medir la cobertura de su SNI

El éxito de un SNI depende en gran parte de cómo un país estructura correctamente de los tres lados del triángulo de innovación.

Atkinson (2020)



puedan articular los tres lados del triángulo del éxito de la innovación probablemente serán las que ganen la carrera hacia la prosperidad Atkinson (2020). El éxito de un SNI depende en gran parte de cómo un país estructura correctamente de los tres lados del triángulo de innovación.

El éxito requiere entonces estructurar y gestionar adecuadamente correctamente los tres lados del triángulo de la innovación. Un país tiene éxito en innovación cuando sus circunstancias apoyan la estrategia de alguna industria o segmento de esta Porter (1990).

Ningún país del mundo tiene su sistema de innovación completamente correcto, pero unos pocos países se acercan Atkinson (2020). Este autor propone que un sistema nacional de innovación tiene tres componentes principales los que se muestran en la Figura 40. El “triángulo del éxito de la innovación”, con los factores del entorno empresarial en un lado del triángulo; el entorno comercial, fiscal y regulatorio en el otro; y el entorno de políticas de innovación en el tercero. Los países que mejor



Figura 40. El triángulo del éxito de la innovación de Atkinson.

Fuente: Atkinson (2020).

Un sistema de innovación maduro permite que las invenciones sean creadas, producidas y comercializadas, produciendo así un valor para la sociedad. Esto es porque la innovación

ocurre en tres etapas básicas separadas en el tiempo:

1. La invención
2. La producción o fabricación.
3. La venta.

El capital humano y la concentración geográfica tienen un impacto significativo en la difusión e innovación.
Azzoni et al. (2024)

Por ejemplo, el transistor fue inventado originalmente en Bell Labs en 1947, pero no fue sino hasta que se inventó el primer radio portátil con 4 transistores que se vendieron por miles en 1954, curiosamente coincidentemente con el advenimiento del Rock and Roll, que creó la demanda masiva de estos dispositivos. Posteriormente, IBM incorporó los transistores a las computadoras en los años cincuenta (Isaacson, 2014), y el resto es historia. Con la invención del circuito integrado en 1968, se logró integrar miles de estos dispositivos en un espacio



pequeño, al punto que hoy en día, los microprocesadores modernos pueden empacar hasta 22.000 millones de transistores en un centímetro cuadrado de espacio.

Este ejemplo demuestra que la innovación no es un proceso lineal, sino un proceso largo y complejo, evolutivo o iterativo, en el que intervienen múltiples actores de los sistemas científicos tecnológicos, sociales, políticos y económicos. Debido a esto, el concepto “sistema de innovación” es EE. UU. do para analizar las características de los procesos y ecosistemas de innovación en sectores de la economía, regiones geográficas o países (Alfaro, 2011). Los sistemas nacionales de innovación son evolutivos, no estáticos, es decir, pueden mejorar o degradarse con el tiempo (Atkinson, 2020).

La capacidad nacional innovadora de un país es su potencial para producir y comercializar un flujo de tecnología innovadora en un punto dado en el tiempo (Furman, Porter y Stern, 2002). Como tal, esta depende de un conjunto interrelacionado de inversiones fundamentales y de políticas y compromisos de recursos que determinan a largo plazo el alcance y el éxito de un esfuerzo innovador. El ejemplo del transistor arriba mencionado es un ejemplo de esto.

Ahora, según Lundvall (2006), los sistemas nacionales de innovación pueden ser muy diferentes entre países desarrollados y países en vías de desarrollo. En los países menos desarrollados generalmente las empresas carecen de una capacidad innovadora importante, sus sistemas de innovación están fragmentas y subfinanciados, con ligas o conexiones débiles entre los diferentes actores. De hecho, en algunos países se nota la existencia de dos sistemas: empresas transnacionales interactuando con buenas universidades, por un lado, y por otro un parque empresarial con muy poca capacidad de absorber y utilizar conocimiento nuevo, con conexiones débiles con el resto de los actores del sistema, interactuando con centros educativos de baja calidad Liu (2009).

Y esto sucede porque las organizaciones no innovan de manera aislada sino dentro del ecosistema de innovación, y el conocimiento no es el único requisito para hacerlo. Las políticas públicas, la legislación, la infraestructura, el financiamiento, y el desarrollo de mercados influyen todos en el sistema de innovación. Los actores involucrados incluyen a emprendedores, investigadores, consultores, políticos, proveedores, procesadores, comercializadores y clientes.

Son estos actores y sus interacciones viviendo en un entorno específico los que definen el sistema de innovación. La Figura 41 muestra los actores y las interacciones principales de un sistema nacional de innovación según Alfaro (2011). El sistema de I+D se enlaza a través de instituciones facilitadoras de ese propósito con el sector empresarial (público y privado), todo en el marco de una política general y de una política de innovación previamente establecida, la cual puede contar con el apoyo gubernamental.

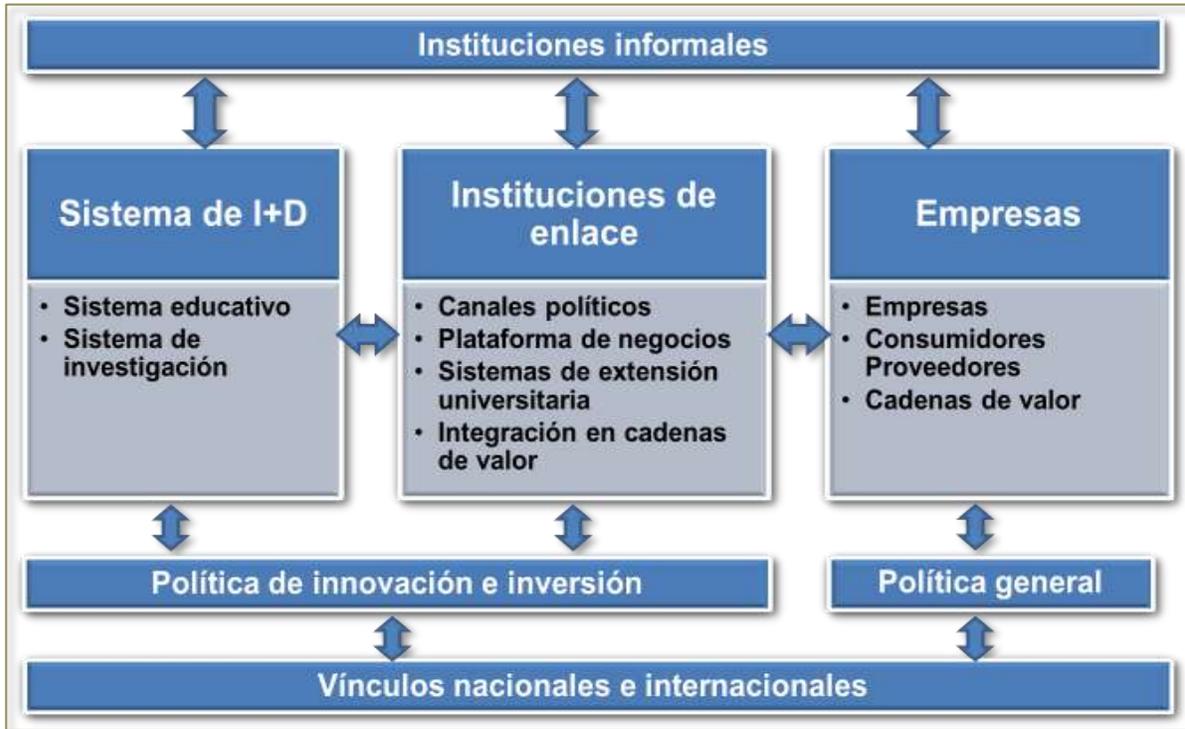


Figura 41. actores y las interacciones principales de un sistema nacional de innovación

Fuente: Adaptado de Alfaro (2011)

Según Azzoni et al. (2024), el capital humano y la concentración geográfica tienen una influencia clave en promover y acelerar la innovación. El capital humano es el principal pilar de la capacidad innovadora, e involucra actores tales como las universidades, centros de investigación, empresas, instituciones financieras, y trabajadores. Esto es cierto tanto para países como para regiones o provincias específicas dentro de un país. Estos autores argumentan que medir la innovación solamente como las salidas producidas (tales como patentes) puede no capturar adecuadamente el esfuerzo involucrado en lograr la innovación y el cambio tecnológico en un país.

Durante las últimas tres décadas, numerosos países han definido e implementado sus estrategias de innovación. Generalmente lo han hecho creando o modificando instituciones como secretarías, ministerios o agencias gubernamentales cuya misión es impulsar la innovación Atkinson et al. (2012).

La tabla 11 muestra algunos países con sus instituciones de innovación, la que son las encargadas de coordinar a todos los actores del ecosistema de innovación, definir las políticas a seguir, los mecanismos de financiamiento, y la supervisión de los proyectos que financian.

Tabla 11: Lista de algunos países con sus instituciones de innovación.

Fuente: ampliado con base en la tabla 6.1 de Atkinson et al. (2012).

País	¿Estrategia de innovación?	Institución o agencia	Año de fundación
Brasil	Sí	Agencia Brasileña de Innovación (FINEP)	1967
China	Sí	Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST)	1998
Corea del Sur	Sí	Fundación Coreana de Tecnología Industrial	2001
Costa Rica	Sí	Promotora Costarricense de Innovación	2021
Dinamarca	Sí	Agencia Danesa de Ciencia, Tecnología e Innovación	2006
EE. UU.	Sí	Fundación Nacional de Ciencia (NSF)	1947
Finlandia	Sí	Agencia Finlandesa de Financiación para la Tecnología y la Innovación (Tekes)	1983
Francia	Sí	Agencia Francesa de Innovación (OSEO)	2005
India	Sí	Fundación Nacional de Innovación	2000
Italia	Sí	Agencia Nacional de Nuevas Tecnologías, Energía y el Medio Ambiente (ENEA)	1999
Japón	Sí	Organización para el Desarrollo de Nueva Energía y Tecnología Industrial (NEDO)	1980
Noruega	Sí	Innovasjon Norge	2004
Países Bajos	Sí	Senter Novem	2004
Portugal	Sí	Agência Nacional de Inovação (ANI)	2003
Reino Unido	Sí	Departamento de Negocios, Innovación y Habilidades	2009
Suráfrica	Sí	Consejo Nacional Consultivo sobre Innovación	2006
Suecia	Sí	Instituto de Investigación en Tecnología Industrial	1973
Suiza		Agencia Suiza de Innovación (Innosuisse)	2016
Tailandia	Sí	Agencia Nacional de Innovación	2006
Uruguay	Sí	Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII)	2008

De esta lista, Costa Rica es el país más reciente en crear una agencia llamada Promotora Costarricense de Innovación que está específicamente encargada de la innovación, aunque se creó reformando el CONICIT que existía desde 1972.

Políticas de innovación

Lo primero que hacen estas instituciones encargadas de innovación en los diferentes países es definir una serie de políticas de innovación junto con las acciones de política pública que cada país lleva a cabo. Las políticas de innovación guían las acciones que toman los gobiernos para impulsar el proceso de innovación en una región o todo el país, y tienen que ver con temas tales como Atkinson et al. (2012):

- Fuentes de financiamiento (presupuesto).
- Áreas de investigación estratégicas.
- Desarrollo de capital humano.
- Subvenciones y préstamos.
- Inversión en TIC.
- Aspectos de propiedad intelectual y explotación de los bienes producidos.
- Asuntos de impuestos relacionados y tarifas de importación.
- Compras públicas.
- Regulación de ciertas industrias.

Según OECD (1999), las políticas de innovación de los países deberían complementar reformas estructurales más amplias en muchos campos (por ejemplo, competencia, educación y formación, mercados financieros y laborales), centrándose en los siguientes objetivos clave:

- Crear una cultura de la innovación.
- Mejorar la difusión de la tecnología.
- Promover la creación de redes y agrupaciones.
- Aprovechar la investigación y el desarrollo.
- Responder a la globalización.

Como fin primordial las políticas de innovación deben mejorar la capacidad del sistema nacional de innovación de un país ligando la ciencia, tecnología e innovación con el mercado, para producir crecimiento económico y prosperidad. Eso sí, no se deben confundir las políticas de innovación con las políticas industriales que algunos países utilizan para proteger sus industrias de la competencia foránea, lo que hacen mediante subvenciones a la industria, tarifas de importación, o restricciones a la exportación. Por ejemplo, en EE. UU. y Canadá cerca del 10% de las empresas manufactureras recibe algún tipo de protección o subvención mediante programas de extensión tecnológica financiados con recursos públicos, mientras que en LAC es monto es típicamente inferior al 2% Crespi (2014). Tal es el caso de EE. UU. que está utilizando una política industrial de tarifas de importación de hasta 100% a los vehículos eléctricos importados de China para proteger su industria local, y ha impuesto restricciones de exportación a China a un conjunto microprocesadores avanzados, y a la misma vez está subvencionando la fabricación de chips dentro del país.

Según Atkinson et al. (2012), en lo que se refiere a políticas de innovación, existe un espectro que va desde dejarlo libremente al mercado hasta la implementación de políticas económicas contraproducentes.

Por otro lado, según Jenkins et al. (2008), los programas gubernamentales de subvenciones y préstamos y los parques tecnológicos tienen efectos directos sobre la creación de empleos en alta tecnología, junto con las empresas privadas de capital de riesgo y la I+D militar (en algunos países). Los parques tecnológicos también magnifican los efectos de las empresas privadas de capital de riesgo, mientras que los programas de capital de riesgo públicos y las políticas gubernamentales de desarrollo tecnológico compensan los déficits de los *clústeres*. Esto indica que los gobiernos estatales y locales pueden desempeñar un papel estratégico en el desarrollo de alta tecnología en una región o provincia. Por ejemplo, Google es producto de un proyecto hecho en la Universidad de Stanford financiado con \$4,5 millones de la NSF.

Un Sistema Nacional de Innovación puede ser mejorado y madurado. Por ejemplo, Cirera et al. (2020) propone un conjunto de políticas públicas que países o regiones pueden aplicar para evolucionar sus sistemas de innovación. Por otro lado, Alic (2011) propone una lista de posibles políticas de innovación propuestas que los gobiernos pueden implementar, la que se muestra en la tabla 12.

Tabla 12: Clasificación de políticas de innovación.

Fuente: adaptado de Alic (2011).

Política	Efectiva para la innovación		
	Incremental	Disruptiva	Eficiencia
I. Financiación gubernamental directa de I+D			
Contratos I+D con empresas privadas	✓	✓	✓
Contratos I+D con organizaciones sin fines de lucro	✓	✓	✓
I+D intramural en laboratorios estatales	✓	✓	✓
Contratos I+D con consorcios	✓		✓
II. Apoyo directo o indirecto para la comercialización			
Descuentos fiscales de I+D	✓		
Patentes	✓	✓	✓
Créditos fiscales y subsidios a nuevas tecnologías		✓	
Créditos fiscales y rebajas por compras	✓		
Compras públicas	✓	✓	✓
Proyectos de demostración	✓		
Premios monetarios		✓	
Educación y capacitación	✓		
Difusión de conocimiento técnico	✓		
Estándares técnicos	✓		
Extensión tecnológica	✓		
Publicidad, persuasión, e información para el consumidor	✓		

Desde el punto de vista de las políticas públicas en innovación, según OECD (2016) los gobiernos están particularmente activos en cuatro frentes:

1. Financiar la innovación y el emprendedurismo con un nuevo conjunto de políticas, e incrementar el apoyo a las PYMES y su internacionalización.

2. Racionalizar la inversión pública en investigación, mejorar el vínculo entre la investigación pública y la privada, e impulsar la investigación interdisciplinaria y la ciencia abierta.
3. Asegurar la oferta futura de talento humano y crear una cultura de innovación.
4. Mejorar la gobernanza de las políticas de ciencia, tecnología e innovación, con especial atención a la evaluación de las políticas y el diseño de la investigación responsable y las políticas de innovación.

Existen algunos aspectos claves para las políticas de innovación en países emergentes (OCDE 2005b):

- Un consenso público-privado de largo plazo sobre el apoyo y la renovación constante de las políticas de innovación.
- Al inicio del periodo de convergencia la política de innovación se ha focalizado en la adopción de tecnología extranjera, la generación de infraestructura de investigación, y el fomento al capital humano, y el apoyo a investigación aplicada en sectores clave de la economía.
- Un esfuerzo gradual para mejorar las condiciones de estabilidad macro, apertura del comercio, balance fiscal, competencia, regulación y otros.
- Apoyo creciente de las inversiones en ciencia y tecnología e innovación empresarial.
- Implementación de instrumentos de políticas tales como transferencias, incentivos fiscales, programas de investigación por misión, y uso de compra pública.
- Creación de capacidades institucionales de implementación, monitoreo, y evaluación.

La taxonomía de políticas de innovación propuesta por la OECD se muestra en la Figura 42.

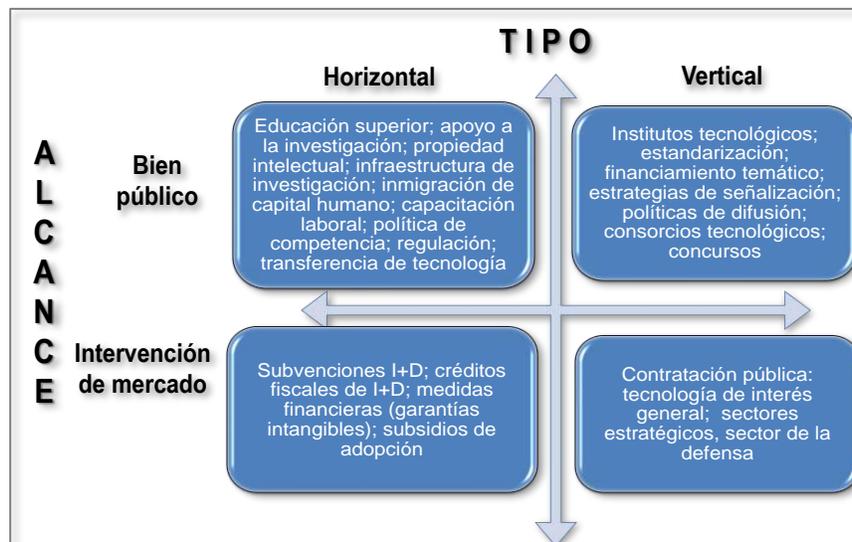


Figura 42 Taxonomía de políticas de innovación

Fuente: OECD (2005b).

Dada esta taxonomía de políticas, se puede escoger ir de una de tres formas:

- Enfoque desde el lado de la oferta de servicios de innovación: producción directa del conocimiento principalmente universidades, laboratorios, institutos y otros centros de investigación. .
- Enfoque desde el lado de la demanda de innovación, principalmente empresas, donde se aumentan los incentivos tales como créditos fiscales y subvenciones para la inversión en innovación. La innovación como adaptación exitosa de tecnologías a las condiciones nacionales y su amplia difusión en empresas y sectores es esencial para la transformación productiva Crepi (2014).
- Enfoque sistémico, predominante desde el año 2000, muy enfocado a PYMES y a la absorción tecnológica por parte de estas.

Sistemas Nacionales de innovación

A continuación, analizamos los sistemas nacionales de innovación de cuatro países de manera comparativa.

Estados Unidos

Población (millones) (2023)	335
PIB (trillones US\$) (2023)	\$27,36
PIB per capita nominal (2023)	\$81.695
PIB per capita PPP\$ (2023)	\$81.695
Clasificación país	Ingreso alto
Región	América del Norte
Inversión en I+D (% PIB) (2023)	3,46
# investigadores/millón hab. (2020)	4.451
# aplicaciones de patentes (2022)	594.340
Posición en el GII (2023)	3°

De acuerdo at Atkinson (2020), Estados Unidos no tiene un sistema nacional coordinado de políticas de innovación. En este más reciente reporte de la *Information Technology and Innovation Foundation* (ITIF), se propone un aumento importante en el financiamiento para estructurar mejor el entorno empresarial, el entorno regulatorio y el entorno de políticas de innovación. Afirma que Estados Unidos todavía tiene entornos empresariales y regulatorios razonablemente buenos, pero tiene un entorno de políticas de innovación débil. ▪ En comparación con otras naciones, Estados Unidos ha tendido en los últimos años a disminuir su financiación para universidades, laboratorios federales y otros insumos de innovación que son necesarios para afrontar la nueva competencia global, especialmente frente a China.

Desde la fundación de la república, EE. UU. ha tenido un sistema robusto de patentes para proteger las invenciones, el que está contenido en la constitución.

Hasta finales del siglo XIX, EE. UU. no era un líder tecnológico global y su sistema de ciencia y tecnología estaba por detrás de las naciones europeas tales como el Reino Unido y Alemania. Fue con la consolidación de las industrias de petróleo y acero en los 1890s que el país se unió al grupo selecto de naciones industrializadas.

Por otro lado, después de la aprobación de la Ley Morrill de 1865 que donó tierras federales en cada uno de los estados para fundar universidades y la posterior creación en 1887 de los Institutos Nacionales de Salud (*National Institutes of Health, NIH*), la industria estadounidense comenzó a innovar como parte de la segunda revolución industrial en los 1890s, cuando varios empresarios visionarios se dieron a la creación y expansión de grandes empresas.

A pesar del éxito empresarial de finales del siglo XIX, hasta la Segunda Guerra Mundial EE. UU. tenía un sistema de innovación menos desarrollado que Alemania y el Reino Unido (Nelson 1993), y la mayor parte de la innovación la realizaban inventores y empresas privadas. La guerra estimuló el desarrollo de la industria y la creación de nuevas empresas

basadas en tecnología y la expansión de grandes empresas a través de contratos del gobierno federal. Durante la guerra los EE. UU. explotaron al máximo su capacidad de inversión e incrementaron la inversión federal en I+D en un factor de 15 veces.

En los años de posguerra Estados Unidos desarrolló el sistema nacional de innovación más eficaz del mundo Atkinson (2020). En 1949 se creó la Fundación Nacional de la Ciencia (*National Science Foundation, NSF*) como agencia federal de financiamiento de la ciencia y la tecnología que hoy está a cargo del 4% del presupuesto federal en I+D, principalmente a través de las universidades y otros centros de investigación públicos y privados. Posteriormente, en 1958 se creó la Agencia de Investigación de Proyectos de Defensa Avanzados (*Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA*), para el financiamiento de proyectos de investigación militar, que en 1968 produjo entre otras cosas la red de computadoras ARPANET, la precursora de la actual Internet. DARPA administra actualmente el 3% del presupuesto federal en I+D en proyectos de investigación.

Durante la década de los 50s y 60s, el financiamiento federal de la investigación ayudó a impulsar la innovación y desempeñó un papel clave a la hora de permitir el liderazgo de EE. UU. en numerosas industrias, entre ellas el software, el hardware, la industrias aeroespacial, el sector de energía atómica, y la biotecnología Atkinson (2020).

En la década de 1960s un grupo de ingenieros electrónicos fundaron Fairchild Semiconductores en San Jose, California. Posteriormente un grupo de ellos salió de ahí y fundó una nueva empresa llamada INTEL. Ese fue el nacimiento del ecosistema de tecnologías de información y comunicaciones más exitoso del mundo conocido como *Silicon Valley*, que a través de ellos años ha visto la fundación de empresas tales como Apple, Hewlett Packard, Oracle, Google y Facebook.

Adicionalmente, el programa *Small Business Innovation Research (SBIR)* creado en 1982 está orientado a las pequeñas empresas a realizar I+D. La financiación es en forma de contratos o subvenciones y los proyectos receptores deben tener potencial de comercialización y deben satisfacer las necesidades específicas de I+D del gobierno de EE. UU.. Los fondos son el 1,25% del total de los presupuestos externos de I+D de las 11 agencias federales con presupuestos de investigación externos superiores a 100 millones de dólares, lo que equivale a unos \$2.500 millones anuales.

Como apoyo a las empresas TIC, en 1987 el gobierno federal creó el consorcio SEMATECH (*Semiconductor Manufacturing Technology*), un consorcio sin fines de lucro que realizaba investigación y desarrollo de *chips*. SEMATECH implicó la colaboración entre varios sectores de la comunidad de I+D, incluidos fabricantes de chips, proveedores de equipos y materiales, universidades, institutos de investigación y socios gubernamentales. El grupo fue financiado primero por el Departamento de Defensa de EE. UU. a través de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa hasta 1997 y luego mediante las cuotas de los miembros.

En 2022 se aprobó el llamado *CHIPS and Science Act* que proporciona subsidios para la fabricación de chips en suelo estadounidense junto con créditos fiscales a la inversión del 25% para los costos de fabricación de equipos y 13 mil millones de dólares para la

investigación de semiconductores y la capacitación de la fuerza laboral, con el doble objetivo de fortalecer la resiliencia de la cadena de suministro estadounidense y contrarrestar a China. También invierte 174 mil millones de dólares en el ecosistema general de investigación del sector público en ciencia y tecnología, promoviendo los vuelos espaciales tripulados, la computación cuántica, la ciencia de materiales, la biotecnología, la física experimental, la seguridad de la investigación, las consideraciones sociales y éticas y la fuerza laboral. esfuerzos de desarrollo y diversidad, equidad e inclusión en la NASA, NSF, DOE, EDA y NIST.

Lo que ha sucedido es que, durante los últimos 80 años, la intensidad del gobierno federal en la incentivación de la innovación ha jugado un papel clave, al punto que actualmente el sistema nacional de innovación de Estados Unidos es uno de los más grandes, complejos y diversos del mundo. Ha resultado tan exitoso que la base tecnológica de los EE. UU. es amplia, con sólidas empresas de clase mundial y universidades de primera categoría Simons et al. (2010). Como muestra, 10 de las 25 primeras universidades del mundo según el ranking *QS World University Rankings 2025*² están en EE. UU..

El SNI de EE. UU. se caracteriza por cuatro principios Block (2011):

1. Coordinación descentralizada entre múltiples agencias federales.
2. Alto grado de cooperación entre la entidades públicas y privadas.
3. La compartición de la experticia desarrollada entre los diferentes actores.
4. Repartición de los beneficios entre los actores.

El principio básico que apoya la innovación en los EE. UU. ha sido establecer las condiciones necesarias que permiten que la innovación florezca por sí misma (Simons et al. 2010). Estas condiciones incluyen:

- Incentivos: la ganancia monetaria para los innovadores, debidamente protegidos por las leyes de propiedad intelectual. La protección de la propiedad intelectual está arraigada en la constitución del país desde 1787.
- Apoyo gubernamental. En 2023 EE. UU. invirtió un total de \$761.580 millones en I+D, incluyendo \$232.687 millones o un 3,9% del presupuesto federal).
- La mezcla de capitalismo emprendedor (nuevas empresas) y las grandes corporaciones. La innovación surge tanto de las grandes corporaciones como de las nuevas empresas o *startups*. Parte del financiamiento federal a la I+D está reservado por ley para empresas pequeñas. Las leyes federales impulsan a los investigadores de las universidades y las empresas privadas a explotar la comercialización de sus innovaciones, creando así un exosistema innovador muy dinámico Block (2011).
- Buenos sistemas legales, sociales y de infraestructura que no impiden la formación y operación de un negocio, y que mantienen regulaciones razonablemente estables que no son demasiado gravosas, y que brindan

² <https://www.topuniversities.com/world-university-rankings>

oportunidades educativas apropiadas, y que mantienen una cultura en la que I+D y la innovación es apreciada y respetada.

La figura 43 muestra la inversión total en I+D de EE. UU. de 1990 a 2019. Se notal un crecimiento importante en la inversión de la industria a partir de 2010. Por otra parte, la mayor parte proveniente del presupuesto federal de EE. UU. corresponde al *National Institutes of Health* (NIH) y al Departamento de Defensa (DoD). El porcentaje de la NSF es relativamente pequeño.

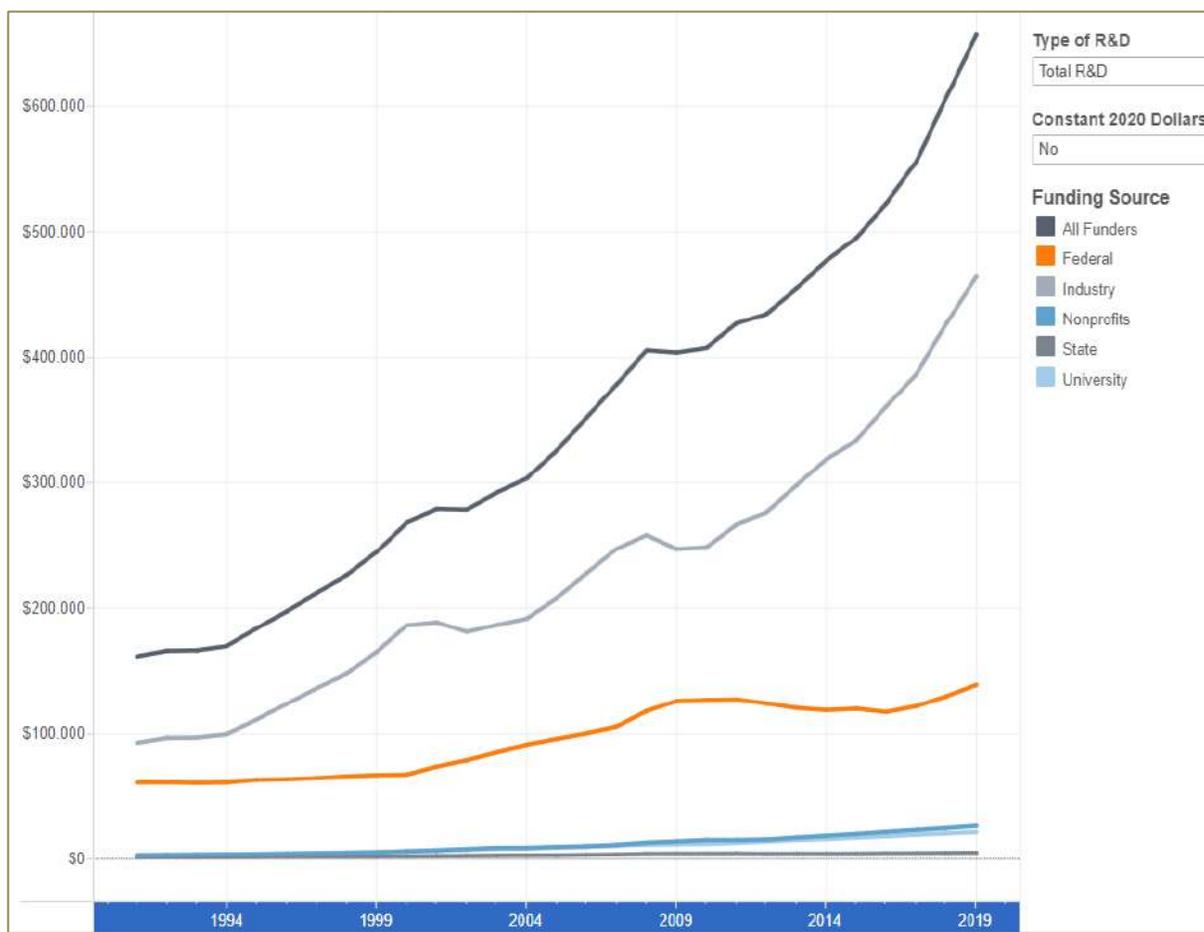


Figura 43. inversión total en I+D de EE. UU. de 1990 a 2019.

Fuente: <https://www.aaas.org/programs/r-d-budget-and-policy/federal-rd-budget-dashboard>

Si bien la mayor parte de la inversión en innovación en los EE. UU. la hace el sector privado (70,9%), está claro que los programas e instituciones federales y estatales juegan un papel importante. Por esta razón, cada uno de los 50 estados tiene sus propias estrategias y programas de financiamiento para ciencia y tecnología como complemento a la estrategia federal. Por ejemplo, Carolina del Norte creó en los 1950s el Parque Triangular de Investigación (*Research Triangle Park*) que ha atraído a más de 200 sitios de I+D federales y empresas privadas, y actualmente emplea a más de 50.000 personas.

En lo que se refiere al marco legal, tanto federal como estatal, está diseñado para fomentar la innovación. Existen un conjunto de leyes de impuestos, de antimonopolio, de patentes y propiedad intelectual, de transferencia de tecnología, y de apoyo a las empresas pequeñas, que democratizan la inversión y fomentan el desarrollo de la investigación y sus productos. Por ejemplo, actualmente la ley les permite a las empresas descontar los gastos en I+D del impuesto de la renta.

Adicionalmente, EE. UU. se ha beneficiado de la afluencia de conocimiento y personal internacional: el 25% de todos trabajadores con educación universitaria y el 40% de los doctorandos en áreas de ciencia y tecnología nacieron en el extranjero (áreas tales como informática, ingeniería eléctrica, ingeniería civil e ingeniería mecánica).

Otro programa clave es el I-Corps que le permite a las instituciones académicas catalizar equipos de investigadores cuyas tecnologías son candidatas para su comercialización. En sitios ubicados dentro de universidades se ofrece capacitación en el Currículo I-Corps y se brinda infraestructura, asesoramiento, recursos, oportunidades de creación de redes, capacitación y financiamiento modesto para permitir que los grupos realicen la transición de su trabajo de investigación al mercado. Los Sitios I-Corps fortalecen la innovación a nivel local y contribuyen a la Red Nacional de Innovación, que agrupa a mentores, investigadores, empresarios e inversores. Hay aproximadamente 80 sitios activos, que se muestran en la Figura 44.



Figura 44. Sitios I-Corps de la NSF activos actualmente.

Fuente: https://www.nsf.gov/news/special_reports/i-corps

Por otro lado, el gobierno federal financia un sistema de entre 80 y 100 laboratorios de investigación a través de varios departamentos como Defensa, Energía y Salud. En su mayor parte, la investigación se financia para ayudar a las agencias a cumplir mejor los objetivos de

su misión, sean militares o civiles Atkinson (2014).

El sistema universitario de EE. UU. es la envidia del mundo. Casi dos tercios de los graduados de secundaria ingresan a alguna de las más de 4.500 universidades y colegios universitarios comunales, y en entre aquellos que reciben un bachillerato universitario casi un tercio lo hace en ciencia o ingeniería, siendo el 25% de estos graduados ciudadanos extranjeros. En última instancia, el sistema de innovación de un país depende en gran parte de contar con una población bien educada Alic (2011).

Adicionalmente, el programa de Compañías de Inversión para Pequeñas Empresas (SBIC) funciona en los Estados Unidos desde 1958. Las SBIC están autorizadas y reguladas por la Administración de Pequeñas Empresas (SBA) y proporcionan capital social, préstamos a largo plazo y asistencia administrativa a las pequeñas empresas que reúnen los requisitos. Estas PYME pueden recibir asistencia financiera y/o administrativa, y los capitalistas de riesgo que participan en el programa pueden complementar su propio capital de inversión privado con fondos prestados a tasas favorables y respaldados por una garantía de la SBA. Como las SBIC son empresas de inversión organizadas y gestionadas de forma privada, son en realidad organizaciones con fines de lucro OECD (1999).

Regresando al triángulo de la innovación (ver Figura XXX), Atkinson (2020) afirma que actualmente EE. UU. tiene entornos comerciales y regulatorios razonablemente buenos, pero un entorno de políticas de innovación débil. En este sentido, hay dos políticas permanentes del gobierno que apoyan la innovación:

1. Las leyes antimonopolio que datan de finales del Siglo XIX.
2. El rol de I+D y a nivel federal por medio del financiamiento de proyectos y las compras militares, las que por ley deben destinar ciertos porcentajes a empresas pequeñas.

El dominio económico de EE. UU. durante la segunda parte del Siglo XX es producto de sus fortalezas en ciencia, tecnología e innovación. Su política nacional de innovación no está basada en ninguna gran estrategia nacional, sino más bien un crecimiento orgánico a través del tiempo, especialmente a partir de 1945, en donde los distintos actores públicos y privados hacen sinergia a pesar de que pueden tener intereses deferentes.

China, República Popular de

Población (millones) (2024)	1.412
PIB (US\$) (2024)	\$18,7 trillones
PIB per capita nominal (2024)	\$12.758
PIB per capita PPP\$ (2024)	\$22.135
Clasificación país	Ingreso medio alto
Región	Asia Pacífico
Inversión en I+D (% PIB) (2022)	2,24%
# investigadores/millón hab. (2021)	
# aplicaciones de patentes (2022)	
Posición en el GII (2023)	12°

El desarrollo de la economía de China desde la apertura en 1978 ha sido un fenómeno de significado histórico Fu (2021). Este desarrollo se ha logrado en buena parte gracias al impulso que ha recibido el sistema nacional de innovación. Desde ese año las empresas estatales han cedido el espacio a las empresas privadas y hoy solo representan el 26% de la economía.

Según Liu (2009), cuando Japón y Corea del Sur estaban en el proceso de alcanzar a los países desarrollados en innovación, sus gobiernos jugaron un papel importante en impulsarla. Lo mismo está ocurriendo con la República Popular de China.

El SNI de China ha pasado por 3 grandes etapas según Liu (2009):

Fase I: 1949-1980: caracterizada por la creación de los centros de investigación gubernamentales (públicos) con el propósito de absorber el conocimiento de países tales como la Unión Soviética, Japón, Alemania y otros más, esto como parte de los intentos para industrializar rápidamente el país.

Fase II. 1981-2006: caracterizada por un impulso para alcanzar a los países desarrollados. Basado en la atracción de inversión extranjera directa y la compartición del conocimiento por parte de las empresas transaccionales, las que han alcanzado el 60% de la inversión total en I+D del país. Las empresas privadas tomaron el mando y se convirtieron en la principal fuente de innovación. La mayoría se instaló en las llamadas zonas económicas especiales (ver Figura FF), siendo Shenzhen la primera de ellas. La figura 45 muestra las zonas económicas especiales que existen actualmente. Por otro lado, la expansión de los centros de investigación gubernamentales, que se crearon en cinco niveles: central, ministerial, provincial, condado y ciudad. La mayoría del financiamiento en I+D va hacia estos centros. Desde 1980 el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST) ha impulsado la creación de empresas spin-off con el objetivo de impulsar el emprendedurismo en estos centros y en las universidades.



Figura 45. Zonas económicas especiales y zonas especiales técnicas de desarrollo de China.

Fuente: <https://www.mapsland.com/asia/china/detailed-special-economic-zones-map-of-china-1996>

Fase III: 2007-presente: estrategia de innovación endógena. La inversión nacional en I+D fue incrementada gradualmente hasta alcanzar en 2022 el 2,24% del PIB. Las políticas fiscales fueron modificadas para incentivar la innovación en las empresas, y la política de compras públicas para favorecer a las empresas locales.

Según Xue et al. (2021) el SNI de China ha pasado por cuatro etapas:

La era pre reforma (1949-1978): Después de la fundación de la RPC en 1949, China copió el modelo soviético de ciencia y tecnología con un conjunto de institutos de investigación públicos, las universidades, y las empresas estatales. China logró en este periodo algunos avances como la bomba atómica, y la colocación de sus primeros satélites. Como producto de la revolución cultural las universidades permanecieron cerradas de 1966-1976.

El inicio de la nueva era (1978-1985): con las reformas económicas de Den Xiaoping y la reapertura de las universidades, se declaró la ciencia y tecnología como la principal fuerza productiva. Eso inició una nueva era donde la ciencia y tecnología fueron impulsadas.

La reforma del sistema de ciencia y Tecnología (1985-1998): se crearon los principales programas de ciencia y tecnología que aún existe. El MOST controla los seis programas principales de I+D a nivel nacional:

1. Programa 973 Investigación básica.
2. Programa 863 de investigación en Alta tecnología.
3. Programa de investigación en tecnologías clave.

4. Programa Torch para alta tecnología.
5. Programa Spark (para pequeñas y medianas empresas).
6. Programa para la difusión de la ciencia y tecnología.

La ampliación del sistema de ciencia y tecnología (1998-2006): se definió más concretamente la estructura del SIN del país y se incentivó a las empresas estatales a crear unidades de I+D. El sistema universitario fue reformado para crear universidades de clase mundial y se amplió significativamente el cupo en estas (programa 985).

La mejora del sistema de ciencia y tecnología (2006-2013): en 2003 China inició la definición de un plan de largo plazo como resultado del ingreso del país a la Organización Mundial de Comercio (WTO en inglés). En estos planes, cuyo objetivo era poner a China como una economía basada en la innovación, se enfatizó la innovación endógena, los saltos grandes en ciertas áreas, y el apoyar el desarrollo económico.

Desarrollo basado en innovación (2013-presente): la innovación, mediante la ciencia y tecnología, se definió como el factor principal para impulsar el desarrollo nacional. En 2016 se planificó el sistema de ciencia y tecnología hasta el 2050, incentivando el emprendedurismo como factor clave CPC (2016). La estrategia identifica industrias que China considera que se beneficiaría más de una mayor innovación autóctona, e identifica la transferencia de talento y de tecnología extranjera como crucial para los sectores tecnológicos emergentes de China. Para 2016, el país contaba con 17 espacios nacionales especializados, 4.200 espacios de cotrabajo, 3.600 incubadoras de empresas de ciencia y tecnología que proveen servicios a 400 mil *startups*.

La estructura del SNI de China se muestra en la figura 46. El gobierno central define las políticas para que los ministerios y los gobiernos locales (provincias y ciudades) las implementen. Es un sistema centralizado políticamente en el gobierno central y los gobiernos provinciales, pero descentralizado a nivel provincial y de ciudad en la implementación de esas políticas. Existe un conjunto importante de institutos públicos de investigación, así como las universidades, los que siguen las políticas emanadas del gobierno. Existe una liga muy fuerte entre los centros gubernamentales de investigación y las empresas privadas, ya que los primeros desarrollan investigación contratada para los segundos, lo que a menudo desemboca en publicaciones conjuntas.

Por otro lado, el mercado chino incentiva la innovación (lado de la demanda) pues la competencia es feroz en todos los sectores económicos. Por ejemplo, existen actualmente 106 empresas de fabricación de automóviles eléctricos compitiendo por el mercado más grande del mundo. Desde el ingreso a la WTO en 2001 las empresas chinas se han visto obligadas a competir por el mercado mundial, lo que las ha impulsado, a través de la innovación, a llegar a ser empresas de clases mundial. Tal es el caso de empresas como Huawei en el sector equipo de telecomunicaciones, BYD en automóviles, Alibaba en comercio electrónico, y Tencent en computación. Algunas de estas empresas siguen la estrategia de la aguja: focalizarse en áreas o productos particulares invirtiendo una cantidad superior de recursos que sus competidores para lograr productos innovadores.

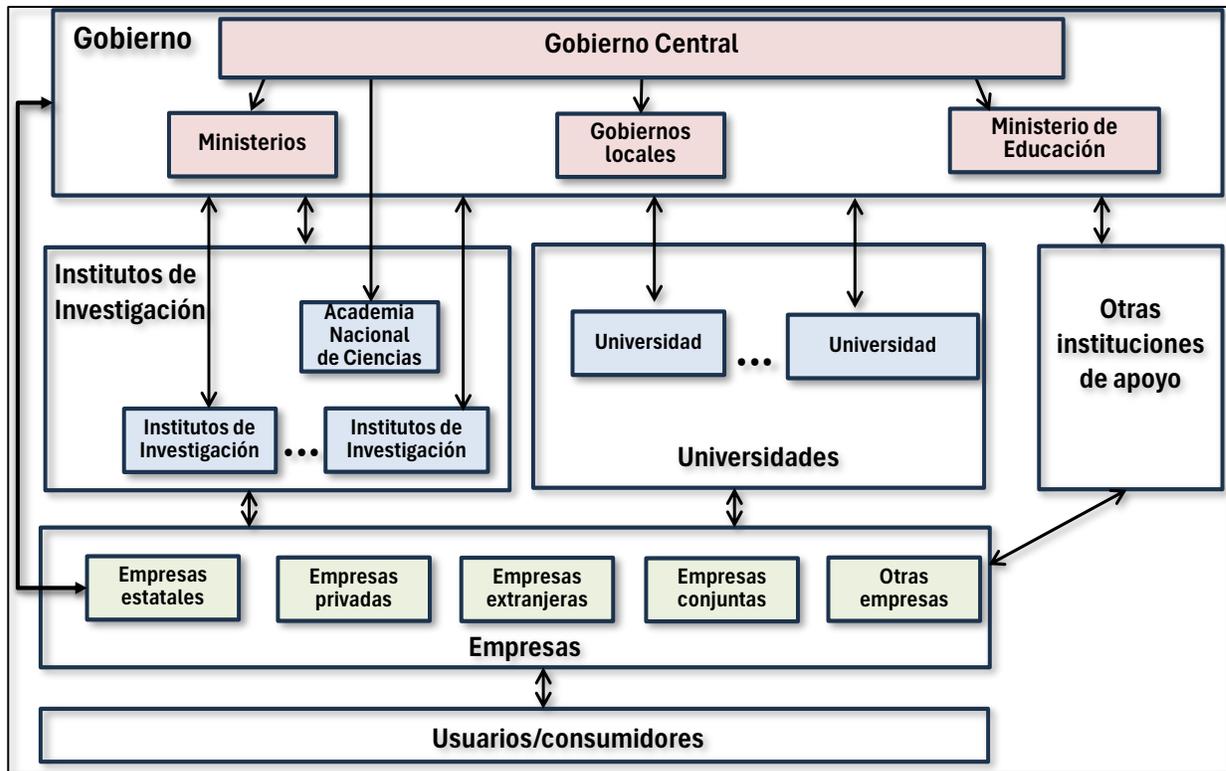


Figura 46. Estructura general del SNI de China.

Fuente: Xue et al. (2021).

Adicionalmente, el capital de riesgo ha jugado un papel importante en el desarrollo de la I+D. en China. China se ha convertido en el segundo país con mayor inversión de capital de riesgo, con \$54,7 mil millones en 2023.

Todo sistema de innovación debe tener un fuerte componente académico. Según Fu (2021), la innovación depende en gran parte del emprendedurismo y las capacidades humanas, por lo que al estudiar la innovación es necesario tomar en cuenta los factores suaves tales como la educación, la cultura, y la demografía. A nivel universitario, China ha fortalecido el suyo durante los últimos 40 años hasta crear un sistema universitario de clase mundial. Actualmente, 12 de las mejores universidades del mundo (12%) están en China, superado únicamente por EE. UU. con 36, tal y como muestra la tabla 12.

Adicionalmente, la cooperación universidad-empresa ha mejorado, al punto que el sector privado representa el 32% de la financiación de proyectos de investigación realizados por las universidades Xue (2021).

Tabla 12. Número de las 100 mejores universidades por país según el *QS World University Rankings 2025*.

Fuente: <https://www.visualcapitalist.com/charted-the-worlds-top-100-universities-by-country/>

País	Región	Mejores 100 Universidades	Universidad Mejor ranqueada
EE. UU.	Norte America	36	Stanford University, #2
China & Hong Kong	Asia & Oceania	12	Tsinghua University, #12
Reino Unido	Europa	11	Oxford University, #1
Alemania	Europa	8	Technical University of Munich, #30
Australia	Asia & Oceania	6	University of Melbourne, #37
Países Bajos	Europa	6	Delft University of Technology, #48
Francia	Europa	4	Paris Sciences et Lettres, #71
Suiza	Europa	3	ETH Zurich, #11
Canadá	Norte America	3	University of Toronto, #21
Korea del Sur	Asia & Oceania	3	Seoul National University, #62
Singapore	Asia & Oceania	2	NUS, #19
Japon	Asia & Oceania	2	University of Tokyo, #29
Suecia	Europa	2	Karolinska Institute, #50
Belgica	Europa	1	KU Leuven, #45
Rusia	Europa	1	Moscow State University, #95

En cuanto a la generación de resultados científicos, tal y como muestra la figura 47, desde 2016 China ha sobrepasado a EE. UU. y la Unión Europea en la generación de artículos científicos. Este gráfico únicamente incluye aquellos publicados en inglés, es decir, no toma en cuenta aquellos publicados en mandarín.

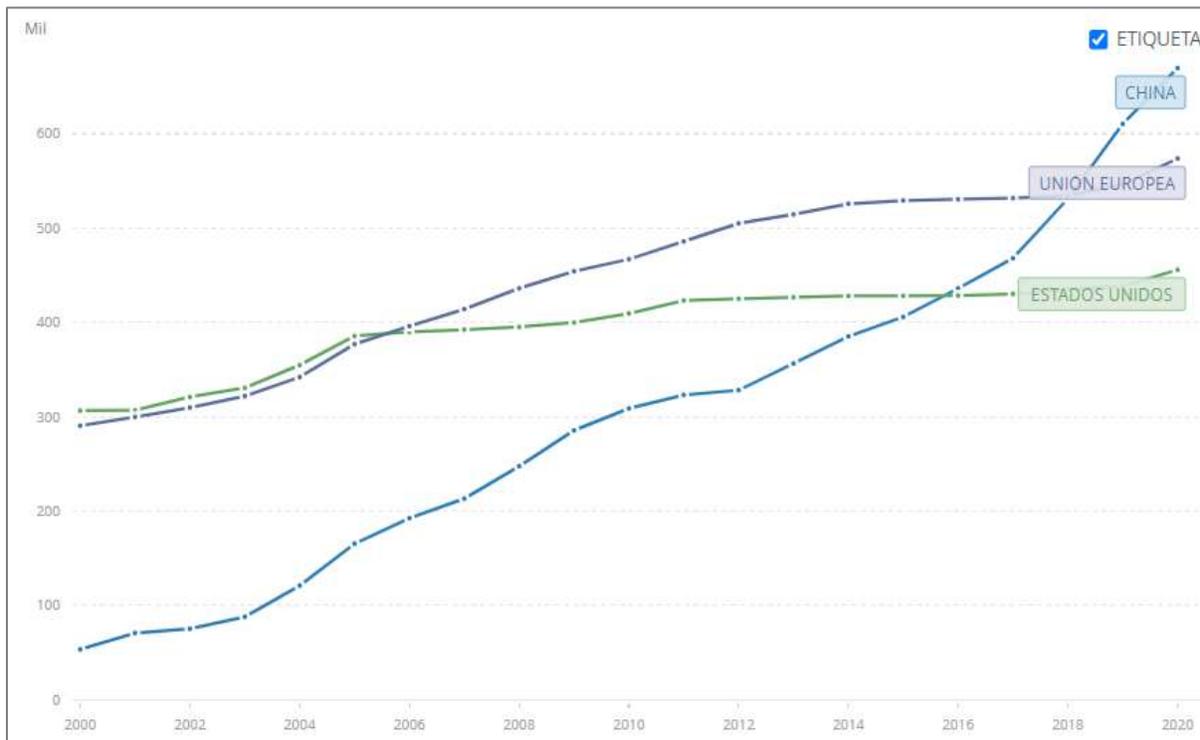


Figura 47. Artículos en publicaciones científicas y técnicas de China, EE. UU. y la Unión Europea.

Fuente: <https://datos.bancomundial.org/indicador>

La tabla 13 muestra las patentes solicitadas en 2022 por país según la WIPO. China ocupa el primer lugar seguido por EE. UU., Japón, Corea del Sur y la Unión Europea. Los Indicadores mundiales de propiedad intelectual de la WIPO ofrecen una reseña anual de la actividad que tiene lugar en los ámbitos de las patentes, los modelos de utilidad, las marcas, los diseños industriales, los microorganismos, la protección de las variedades vegetales, las indicaciones geográficas y la economía creativa. Se basan en estadísticas procedentes de alrededor de 150 Oficinas nacionales y regionales de PI y de la OMPI, así como en datos de encuestas y fuentes del sector privado

Tabla 13. Solicitudes de patentes por oficina realizados en 2022.

Fuente: WIPO (2023b).

Posición	Oficina	Residentes	No residentes	Total	Porcentaje de no residentes (%)
1	 China	1.464.605	154.663	1.619.268	9.6
2	 Estados Unidos	252.316	342.024	594.340	57.5
3	 Japón	218.813	70.717	289.530	24.4
4	 Corea del Sur	183.748	53.885	237.633	22.7
5	 Oficina de Patentes de la Unión Europea	84.074	109.536	193.610	56.6
6	 India	38.551	38.517	77.068	50.0
7	 Alemania	37.199	20.014	57.213	35.0
8	 Canadá	4.564	33.488	38.052	88.0
9	 Australia	2.465	29.819	32.284	92.4
10	 Rusia	18.970	7.954	26.924	29.5
11	 Brasil	4.398	20.361	24.759	82.2
12	 Hong Kong	426	19.738	20.164	97.9
13	 Reino Unido	11.183	8.302	19.485	42.6
14	 México	983	15.622	16.605	94.1
15	 Francia	13.322	1.424	14.746	9.7
16	 Singapur	1.708	12.945	14.653	88.3
17	 Sudáfrica	1.651	12.339	13.990	88.2
18	 Israel	1.527	8.546	10.073	84.8
19	 Indonesia	1.549	8.418	9.967	84.5
20	 Italia	8.440	781	9.221	8.5

La figura 48 muestra la tendencia de patentes solicitadas por país. Se nota el ascenso exponencial de China a partir del año 2000.

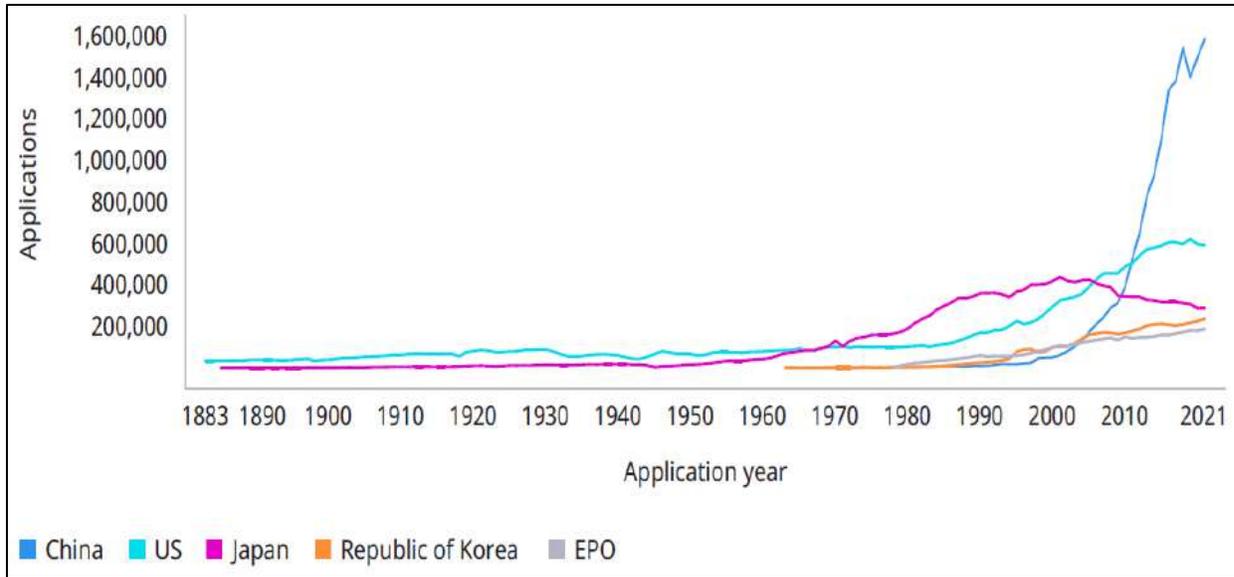


Figura 48. Tendencia de patentes solicitadas por país.
Fuente: WIPO (2023b).

Finalmente, la figura 49 muestra las patentes por país en el año 2021.

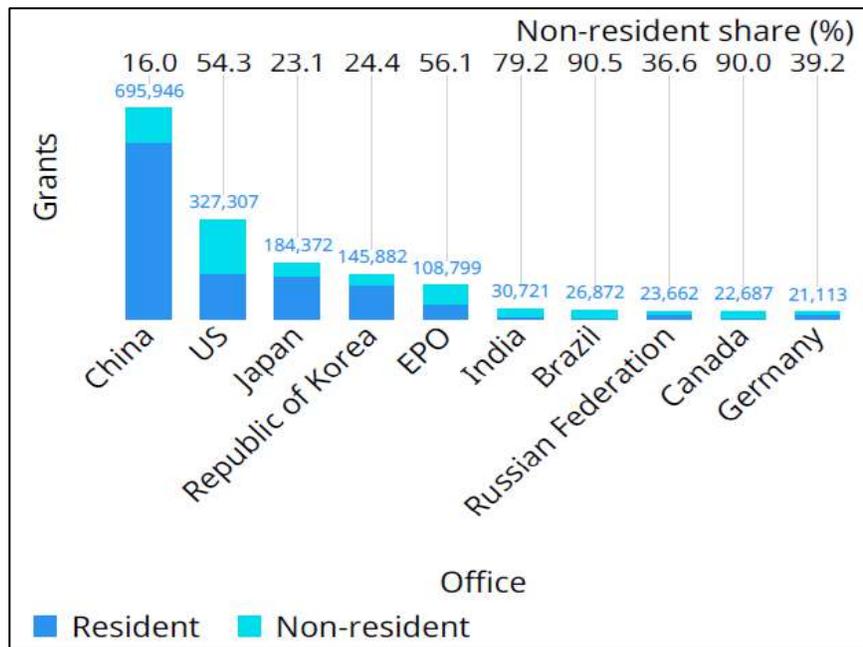


Figura 49. Tendencia de patentes otorgadas por país en 2021 de los 10 primeros países.
Fuente: WIPO (2023b).

Según Xue (2021), siguiendo una planificación centralizada a largo plazo y una ejecución descentralizada, China ha alcanzado un progreso significativo en su sistema de innovación a nivel de entradas (inversión de recursos) y de salidas (productos). Por ejemplo, el número de

investigadores se ha triplicado y el financiamiento se ha quintuplicado solo en la última década.

China ha logrado sobresalir en la innovación de costo, una estrategia que consiste en utilizar su ventaja de bajos costos para ofrecer a los usuarios mejores productos a un menor costo Williamson (2021). A partir de las reformas de 1978, crearon empresas para proveer a las multinacionales que vendían al mercado externo, los que les permitió aprender de estas. Posteriormente, se dio la expansión con la creación de las zonas económicas especiales (Shenzhen por ejemplo se convirtió en un proveedor mundial de quipos electrónicos), lo que permitió la creación de *start-ups* de todo tipo. Empresas como Huawei en equipo de telecomunicaciones y celulares, y BYD en automóviles eléctricos, y Alibaba en comercio electrónico son muestra de ello. Esto lo han logrado mediante el control de las cadenas de suministros (integración vertical) que les ha permitido a las empresas chinas producir en masa a muy bajo costo. Según Murphree et al. (2021), la estrategia china de apoderarse de las cadenas globales de suministro es la clave que les ha permitido implementar la innovación de costos. El ascenso de China como una potencia innovadora se debe en buena parte al domino que han adquirido de las cadenas globales de valor.

Williamson (2021) menciona que existen básicamente tres posibles vectores de innovación de costo:

1. Ofrecer a los usuarios tecnología de punta a bajo costo.
2. Ofrecer a los usuarios una colección incomparable de opciones de productos lo que antes eran mercados masivos estandarizados.
3. Ofrecer productos especializados en nichos a muy bajo costo y convertirlos así en negocios de volumen.

Siguiendo algunos de estas tres estrategias, algunas empresas chinas han implementado la innovación acelerada: primero copiaban productos a empresas extranjera, segundo hacían algunas mejoras de sus productos, y en última instancia ofrecen productos innovadores con nuevas características, todo esto en ciclos muy cortos de tiempo. Mediante la división del proceso de innovación en una serie de pequeños pasos muy especializados donde invierten una gran cantidad de ingenieros, algunas empresas chinas han industrializado el mismo proceso de innovación, reduciendo significativamente el tiempo al mercado de nuevos productos. Este proceso se llama “lanzar-probar-mejorar” (*lunch-test-improve*), donde la mejora de los productos es incremental tanto en características (funcionalidades) como en costo.

En varios sectores tales como la economía digital, China se ha convertido en un líder mundial Williamson (2021). En áreas como pagos electrónicos, comercio electrónico, grandes bases de datos, reconocimiento facial, robótica e inteligencia artificial, las empresas chinas se encuentran en la frontera tecnológica. Esto gracias a una combinación de cuatro factores: (1) la inmensa población de nativos digitales (más de 300 millones); (2) el apoyo del gobierno hacia los emprendedores digitales; (3) la disponibilidad de capital de riesgo; (4) y la gran cantidad de datos disponibles.

China tiene un sistema político muy eficiente que aprueba leyes, las modifica, y las deroga

muy rápido, lo que les permite a las empresas adaptarse el cambio del mercado. Adicionalmente, China tiene un SIN que promueve la innovación autóctona pero que a la vez fomenta la innovación importada a todo nivel, desde el diseño hasta la comercialización. Tiene varios actores que la impulsan: el gobierno central, los gobiernos provinciales y de ciudad, las empresas estatales, y las empresas privadas, es decir, es un sistema mixto.

Algunos problemas actuales del SNI de China son Xue (2021):

1. Algunas instituciones gubernamentales son están bien administrativamente conectadas entre sí.
2. El SNI aún no está completamente abierto al resto del mundo.
3. Los servicios de apoyo al emprendedurismo están aún subdesarrolladas.
4. El ambiente institucional, regulatorio, de negocios y de propiedad intelectual debe ser mejorada.
5. China necesita colaborar más estrechamente en los sistemas internacionales de ciencia y tecnología par ainfluenciar más la innovación anivel mundial.

El objetivo del país es claro: ser un líder innovador a nivel mundial para 2030, y una potencia mundial en ciencia, tecnología e innovación para 2050.

Inspirado en el proyecto Manhattan y el programa Apollo de EE. UU., China está actualmente construyendo, siguiendo una estrategia de enlazar a los laboratorios nacionales de investigación, las universidades y los parques industriales. Pretenden crear cien nuevos centros tecnológicos y cien nuevos parques industriales de alta tecnología para atraer al país a miles de científicos investigadores chinos que están en el exterior Keyu (2023).

La Estrategia Nacional de Desarrollo Impulsada por la Innovación CPC (2016) define tres pasos estratégicos:

- **Paso uno:** ingresar a las filas de los países orientados a la innovación para 2020, básicamente construir un sistema nacional de innovación con características chinas, y apoyar firmemente la formación de una sociedad integralmente próspera.
- **Segundo paso:** para 2030, estar clasificado entre los principales países orientados a la innovación y lograr una transformación fundamental en el motor del desarrollo, con un importante aumento del nivel de desarrollo económico y social y de la competitividad internacional, y sentar una base firme para construir una superpotencia económica y una sociedad de riqueza compartida.
- **Tercer paso:** Para 2050, China se establecerá como una superpotencia mundial en innovación científica y tecnológica, convirtiéndose en uno de los principales centros científicos del mundo y ocupando un lugar alto en innovación. Proporcionar un fuerte apoyo para convertir a China en un país rico, fuerte y una nación socialista democrática, civilizada, armoniosa y modernizada, y para lograr los objetivos chinos de lograr el gran rejuvenecimiento de la nación china.

Cada uno de estos pasos contiene una serie de tareas e iniciativas por realizar. Por ejemplo, se definen diez áreas tecnológicas como estratégicas:

1. Desarrollar una nueva generación de tecnología de redes de información y fortalecer la informatización para el desarrollo económico y social.

2. Desarrollar tecnología de fabricación inteligente y ecológica y promover el ascenso hacia la gama alta de la industria manufacturera.
3. Desarrollar tecnología agrícola moderna que sea ecológicamente verde, altamente eficiente y seguro, garantizando que los cereales y los alimentos sean seguros.
4. Desarrollar tecnologías energéticas modernas que sean seguras, limpias y altamente eficientes, y presionar para una revolución en la producción y el consumo de energía.
5. Desarrollar el uso eficiente de los recursos y la tecnología de protección ecológica, y construir una sociedad que ahorre recursos y sea respetuosa con el medio ambiente.
6. Desarrollar tecnología marina y espacial avanzada y apropiada, y cultivar la economía marina y economía espacial.
7. Desarrollar ciudades inteligentes y tecnología de sociedad digital, y promover nuevas tecnologías centradas en las personas. urbanización.
8. Desarrollar tecnología sanitaria avanzada, eficaz, segura y conveniente, y abordar los desafíos de las principales enfermedades y el envejecimiento de la población.
9. Desarrollar tecnología de servicios moderna para respaldar la innovación del modelo de negocio e impulsar modernización de las formas económicas.
10. Desarrollar tecnología disruptiva para liderar la transformación industrial y dar constantemente nacimiento de nuevas industrias y creación de nuevos puestos de trabajo.

Según Xue (2021), China se perdió las primeras tres revoluciones industriales, pero el desarrollo de su SNI durante los últimos 40 años la ha puesto en la frontera de la cuarta revolución industrial.

La figura 50 muestra el nivel de competitividad alcanzado por China en 13 industrias clave en el siglo XXI. China es actualmente líder o altamente competitiva en 12 de 13 de esas industrias, quedando pendiente únicamente la fabricación de aviones comerciales.

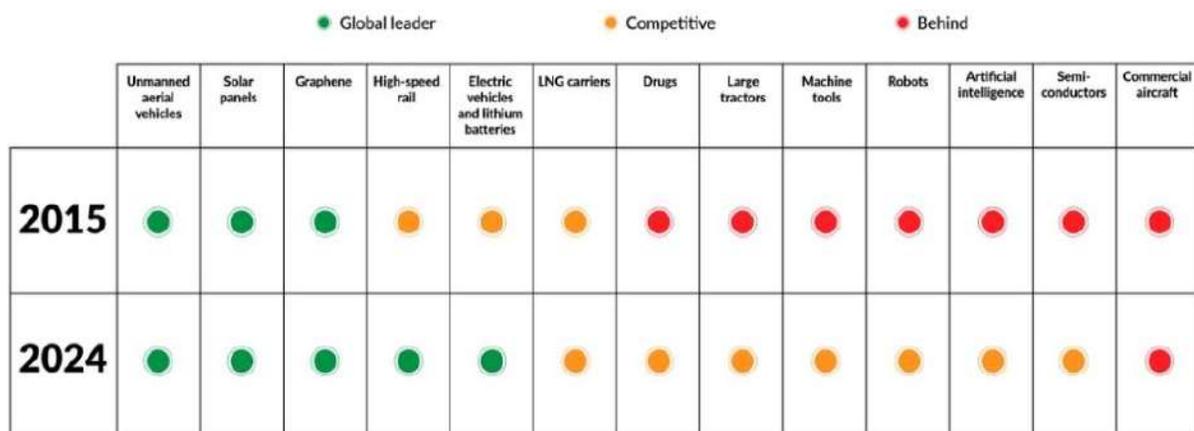


Figura 50. Competitividad de China en varias industrias.

Fuente: Internet.

Suiza

Población (millones) (2024)	8,7
PIB nominal (miles millones US\$) (2023)	\$905,6
PIB per capita nominal (2023)	\$102.865
PIB per capita PPP\$ (2023)	\$89.537
Clasificación país	Ingreso alto
Región	Europa
Inversión en I+D (% PIB) (2023)	3,31
# investigadores/millón hab. (2021)	6.023
# aplicaciones de patentes (2021)	267
Posición en el GII (2023)	1°

Suiza es un país muy exitoso económicamente a pesar de estar dotado de pocos recursos naturales y relativamente poco territorio. Este país empezó temprano a depender de la educación, las habilidades de ingeniería y la innovación para su desarrollo económico y social. Cuenta con algunas de las mejores universidades del mundo sistemáticamente ranqueadas dentro de las primeras 50 del mundo y actualmente Suiza se encuentra en el cuarto lugar a nivel internacional en cuanto a intensidad de I+D, por detrás de Israel, Corea del Sur y Estados Unidos.

Según OECD (2006), el sistema marco suizo para la investigación y la innovación son buenas, incluyendo un marco legal confiable, un sistema financiero sofisticado, una fuerza laboral bien educada, e impuestos generalmente favorables. Suiza tiene una apertura casi total con los mercados laborales frente a la Unión Europea que facilita el equilibrio, y tiene además una oferta de recursos humanos altamente calificados para la ciencia y tecnología (HRST). Por otro lado, la falta de competencia y segmentación del mercado reduce los incentivos para innovar en algunos sectores (por ejemplo, la construcción), y las barreras al espíritu empresarial siguen siendo bastante altas.

A pesar de estos problemas, su sistema de innovación es el ranqueado número uno del mundo según el GII. Suiza ocupa un lugar muy alto en patentes, publicaciones y citas científica, así como en innovación por parte de empresas comerciales.

El sistema de innovación suizo es relativamente complejo y altamente distribuido para ser un país pequeño. La figura 51 muestra su estructura según OECD (2006). El SNI trabaja con un esquema de coordinación entre el gobierno federal y los gobiernos de los 26 cantones o regiones. Dos ministerios son los principales responsables de definir las políticas de ciencia, tecnología e innovación. Dentro de esos ministerios, varias subunidades y organizaciones tienen tareas específicas y un comité directivo que actúa como órgano coordinador. Tanto la Confederación como los cantones tienen competencias y fondos para la educación superior y por tanto para la investigación académica. Un consejo asesor sirve como punto estratégico cuerpo de dirección.

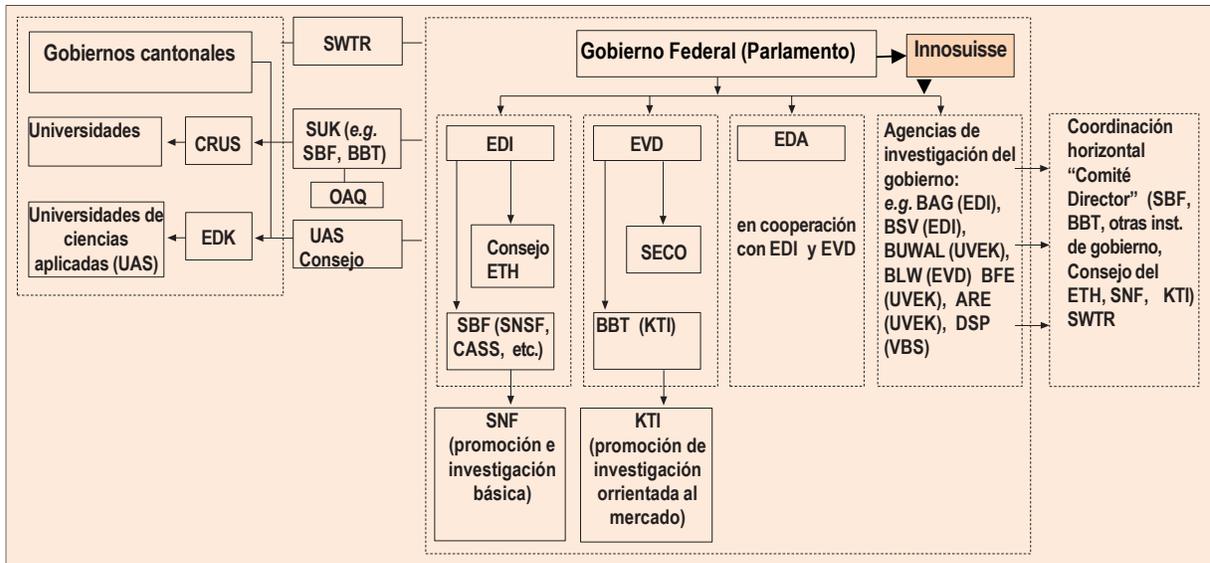


Figura 51. Componentes del SNI de Suiza.
Fuente: Elaborado con base en OECD (2006).

ARE: Federal Office for Spatial Development, **BAG:** Federal Office for Public Health, **BBT:** Federal Office for Professional Education and Technology, **SBF:** State Secretariat for Education and Research, **BFE:** Federal Office of Energy, **BLW:** Federal Office for Agriculture, **BUWAL:** Agency for Environment, Forests and Landscape, **BSV:** Federal Social Insurance Office, **CASS:** Council of the Swiss Scientific Academies, **CRUS:** Rectors' Conference of the Swiss Universities, **DSP:** Directorate for Security Policy, **EDA:** Federal Department of Foreign Affairs, **EDI:** Federal Department of Home Affairs, **EDK:** Swiss Conference of Cantonal Ministers of Education, **ETH:** Federal Institutes of Technology, **EVD:** Federal Department of Economic Affairs, **CTI:** Innovation Promotion Agency, **OAQ:** Centre of Accreditation and Quality Assurance of the Swiss Universities, **SECO:** State Secretariat for Economic Affairs, **SNSF:** Swiss National Science Foundation, **SUK:** Swiss University Conference, **SWTR:** Swiss Science and Technology Council, **UVEK:** Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications, **VBS:** Federal Department of Defense, Civil Protection and Sports. *Source:* Arvanitis and Wörter (2005).

La educación está a cargo del EDI (*Federal Department of Home Affairs*), sin embargo, las políticas de innovación están a cargo del EVD (*Federal Department of Economic Affairs*).

Existen en Suiza dos organizaciones de financiamiento separadas e independientes, una de las cuales es responsable de la financiación de la ciencia y el otro para la financiación de investigación más aplicada. Las dos principales instituciones de financiamiento son la KTI fundada en 1943 como una comisión para la promoción de la investigación científica en un país asediado, y el SNF que fue fundado en 1952 como fundación privada sin ánimo de lucro por iniciativa de la Universidad de Berna. Estas dos agencias de financiación tienen distintos roles y diferentes misiones en el sistema de innovación y ambos financian investigación de base universitaria.

Una serie de organismos están agrupados en torno al sector de la educación superior, que tiene tres partes:

- Los institutos federales de tecnología (los llamados ETH), que también incluye algunos centros públicos de investigación
- Las universidades.
- Las universidades de ciencias aplicadas (UAS).

La industria también tiene una serie de sectores muy fuertes, por ejemplo, productos farmacéuticos, químicos, electrotécnicos y maquinaria, y banca.

La innovación está a cargo principalmente de la Agencia (federal) Suiza de Innovación, llamada Innosuisse, que contribuye al desarrollo económico, social y ecológico sostenible mediante la promoción de innovaciones basadas en la ciencia. El Consejo Federal determina las prioridades y objetivos de esta agencia. Se elaboran planes cuatrienales para definir las prioridades de financiamiento. El 55% de los proyectos de Innosuisse tratan de soluciones digitales, por lo que le dan mucha importancia a la transformación digital. La figura 52 muestra la estrategia para ese periodo.

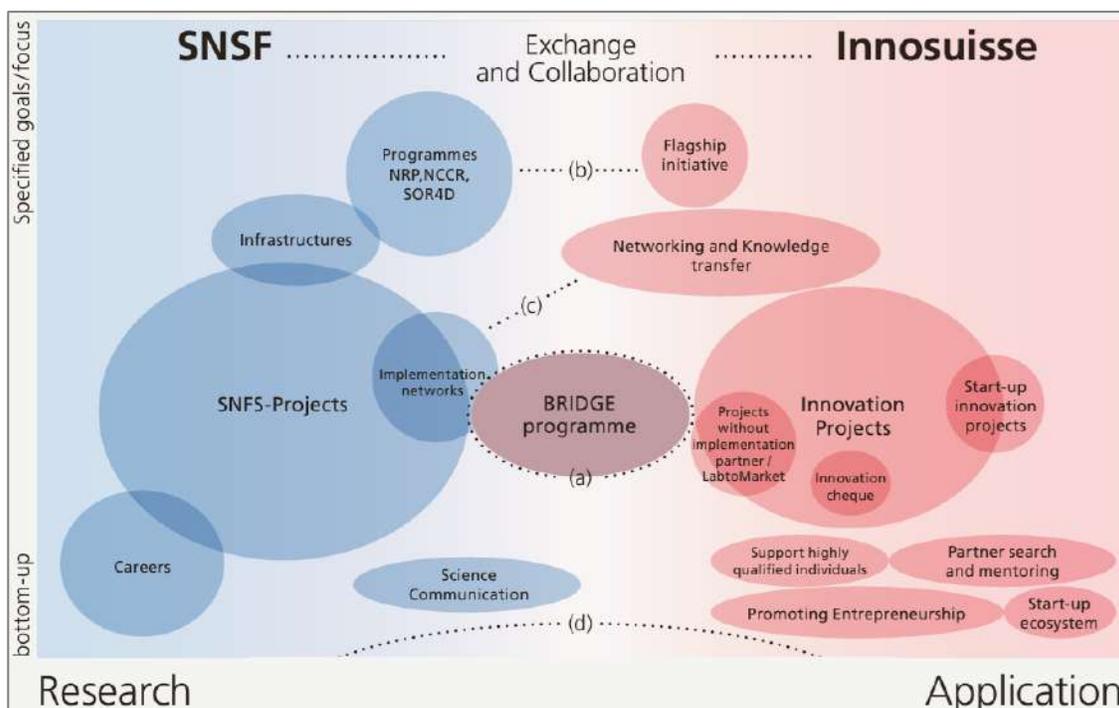


Figura 52. Cartera de financiación de SNSF e Innosuisse.

Fuente: Innosuisse (2014).

Los objetivos estratégicos de este plan, que cuenta con unos \$1.900 millones, son:

- a.) Seguir desarrollando el programa conjunto BRIDGE:
- b.) Fortalecer la colaboración institucionalizada en esquemas temáticos:
- c.) Explotación de sinergias en la promoción de redes:
- d.) Promover el entendimiento mutuo entre la investigación y la práctica:

En resumen, suiza cuenta con un ANI altamente desarrollado y muy bien financiado. Existe una gran coordinación entre sus actores, lo que lo hace muy eficiente.

Costa Rica

Población (millones) (2024)	5,2
PIB (miles millones US\$) (2024)	\$86,5
PIB per capita nominal (2023)	\$16.595
PIB per capita PPP\$ (2022)	\$27.952
Clasificación país	Ingreso medio alto
Región	América Central
Inversión en I+D (% PIB) (2021)	0,28
# investigadores/millón hab. (2021)	399
# aplicaciones de patentes (2022)	154
Posición en el GII (2023)	74°

Existen cinco estudios recientes, complementarios entre sí, que analizan y evalúan el sistema de innovación de Costa Rica:

1. El Atlas Nacional de Innovación 2022 publicado por CONARE Campos et al. (2023).
2. El informe sobre el Estado de la Ciencias, la Tecnología y la Innovación de 2014 elaborado por el Programa del Estado de la Nación PEN (2014).
3. El informe del BID del 2010 del sistema nacional de innovación de Costa Rica Crespi (2010).
4. La evaluación de la OECD del sistema nacional de innovación de Costa Rica OECD (2017).
5. El diagnóstico de innovación y productividad del BID Monge (2016).

El Atlas de la Innovación

El Consejo Nacional de Rectores y su programa Centro Nacional de Alta Tecnología, en conjunto con la División de Coordinación y el Departamento de Comunicación de OPES-CONARE, presentaron el *Atlas Nacional de Innovación 2022* Campos et al. (2023). Este documento es el resultado de un estudio de carácter mixto (cuantitativo y cualitativo) que brinda una visión del Sistema Nacional de Innovación (SNI), y es un trabajo en conjunto entre el Consejo Nacional de Rectores (CONARE) y sus programas y divisiones antes citadas, con la colaboración del Ministerio Nacional de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) y el financiamiento de la investigación por parte de la Promotora Costarricense de Innovación e investigación. La figura 53 muestra los actores y componentes del SNI de Costa Rica.



Figura 53. Componentes del SIN de Costa Rica.

Fuente: Campos et al. (2023).

Entre algunos de los hallazgos del Atlas de la Innovación sobre el SIN de Costa Rica destacan los siguientes:

- El país tiene actualmente un diseño institucional incipiente para sostener un Sistema Nacional de Innovación.
- Existe un lento crecimiento económico y desigual, especialmente en zonas rurales.
- Hay un desfase entre las políticas educativas, la actualización de los programas de estudio, formación continua y complementaria de cara al cambio y a la dinámica tecnológica y digital.
- El sistema bancario costarricense no propone los mecanismos suficientes para financiar ideas o iniciativas de alto riesgo
- Diseño de estrategias de corto plazo, hechas a la medida de la GAM que no consideran la heterogeneidad estructural del país, así como las vocaciones productivas del territorio.

Algunas de las acciones a manera de recomendaciones que se plantean en el estudio son:

- Revisión del marco jurídico relacionado a innovación, en pro de mejoras en aspectos como: flexibilidad y la cantidad de trámites, protección del conocimiento, formas de explotación y comercialización de las invenciones.

- Las leyes deben revisarse y ajustarse cada cierto tiempo, considerando la dinámica y cambio tecnológico.
- Revisión de costos de proceso de protección intelectual de una invención.
- Mayor liderazgo de las instancias gubernamentales de innovación es clave para mejorar la formulación, ejecución y seguimiento de políticas e iniciativas.
- Consideración de los sistemas regionales de innovación, que, en su dinámica productiva, generan información e innovación de forma distinta.
- Evaluar la estrategia país en materia de innovación con el objetivo de proponer objetivos claros, metas alcanzables y responsables directos.
- Trabajar para la reducción de la brecha conectiva, especialmente en las zonas periféricas del país.
- Fortalecer a nivel educativo, el concepto y la noción de innovar.
- Fortalecer la enseñanza asociada al uso de herramientas tecnológicas y manejo de datos.
- Fortalecer la capacitación y el talento humano en STEAM sin perder de vista la capacidad de absorción del mercado.
- Es necesario contar con recursos y una forma de canalización alternativa, que considere fuentes como el capital ángel y fondos de riesgos, entre otros.
- Hacer un análisis profundo de los proyectos y una mediación, entre las personas que poseen las ideas y los respectivos financiadores.
- Valorar la heterogeneidad estructural del país para brindar opciones de financiamiento acordes a la innovación.
- Simplificar de los procesos administrativos.
- Mejorar asimetrías en el desarrollo territorial y las interconexiones entre los sectores productivos (industrias), sociedad y academia.
- Fortalecer la creación de encadenamientos, mediante estrategias de reactivación económica.
- Las empresas deben hacer manifiesto de sus necesidades dentro del SNI para fomentar la creación de clústeres o conglomerados productivos.

Es importante destacar que, pese a que se encontraron falencias y fallas estructurales en el Sistema Nacional de Innovación costarricense, el esfuerzo hecho por el país, desde los diferentes actores ha sido importante, al contar con un marco institucional en constante revisión, lo cual muestra el interés y el nivel de debate que se ha construido y se puede potenciar alrededor de este tema, tan complejo como importante, para el Costa Rica.

Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT)

La primera institución relacionada con la innovación fue creada en 1972 mediante la Ley 5048, que es el Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), como institución autónoma con personalidad jurídica propia y dotada de un fondo fiduciario. Las principales misiones de esta institución eran: promover el desarrollo de

actividades científicas y tecnológicas con fines pacíficos, asesorar al gobierno en asuntos científicos y tecnológicos, desarrollar y mantener un inventario de recursos humanos, físicos e institucionales. El CONICIT fue reformado en 2021 mediante la Ley N°9971 que lo convirtió en la Promotora Costarricense de Innovación e Investigación.

El Ministerio de Innovación, Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT)

La Ley N.º 7169, Promoción Desarrollo Científico y Tecnológico, también crea el Ministerio de Innovación, Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT). En su artículo 7 señala la creación del sistema nacional de ciencia y tecnología:

“Se crea el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, dentro del marco de sectorialización del Estado. El Sistema está constituido por el conjunto de agentes, instituciones, entidades y órganos del sector público, del sector privado y de las instituciones de investigación y de educación superior, que en conjunto y de forma individual interactúan en la producción, transferencia y utilización de conocimientos y tecnologías que influyen en el proceso de innovación.”

El MICITT es el ente rector de la innovación en Costa Rica. La OECD evalúan como positivo que exista un ministerio como este, lo cierto es que a través de su historia al MICITT se le ha dotado de muy poco presupuesto, lo que su capacidad institucional tiene un alcance muy limitado. La figura 54 muestra el comportamiento del del presupuesto del MICITT de 2015 a 2024 en millones de colones y porcentajes del PIB. y para 2024 cuenta con un presupuesto de ₡10.788 millones (unos \$20,5 millones), que, aunque refleja un aumento de 51,8% para el 2024, equivalente únicamente al 0,1% del presupuesto de la república y al 0,022% del PIB. El MICITT tiene unos 120 funcionarios para lo que destina el 45,6% de su presupuesto en remuneraciones.

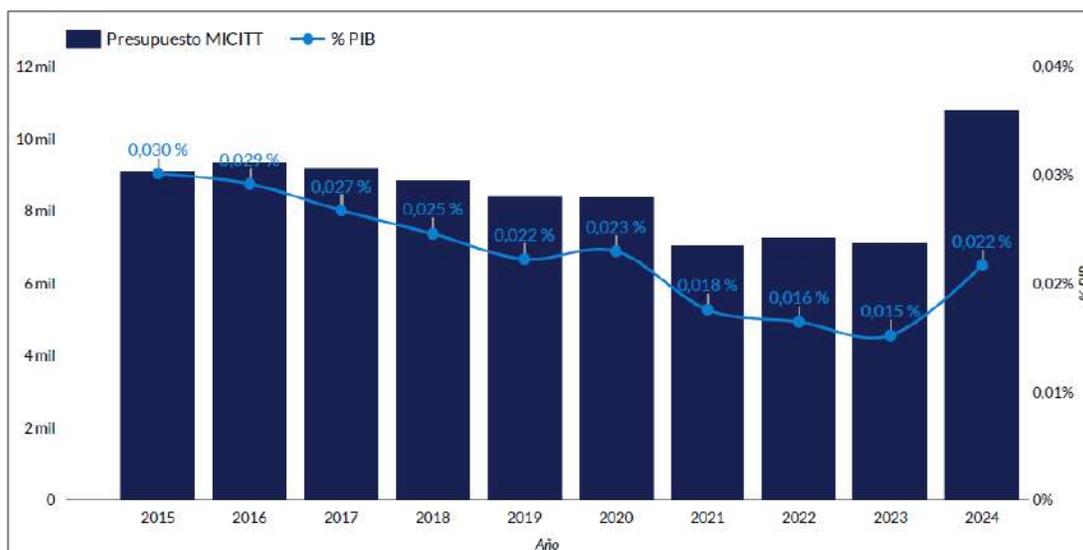


Figura 54. Muestra el comportamiento del del presupuesto del MICITT de 2015 a 2024 en millones de colones y porcentajes del PIB

Fuente: CGR (2023).

El 81,5% del presupuesto asignado es para la promoción del desarrollo de la ciencia, tecnología y la Innovación, el 18,5% y corresponde a la rectoría del sector telecomunicaciones CGR (2023). Para mejorar la ciberseguridad, el MICITT presupuestó la creación de 22 plazas con el propósito de continuar con el servicio en el Centro de Respuesta de Incidentes de Seguridad Informática (C-SIRT).

El MICITT es el encargado de elaborar y ejecutar la política pública en temas de ciencia, tecnología, innovación y telecomunicaciones. La figura 55 muestra la estructura de este marco de políticas públicas. Los dos principales planes plurianuales son:

- Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2027 (PNCTI). MICITT (2022a).
- Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT) 2022-2027. MICITT (2022b).

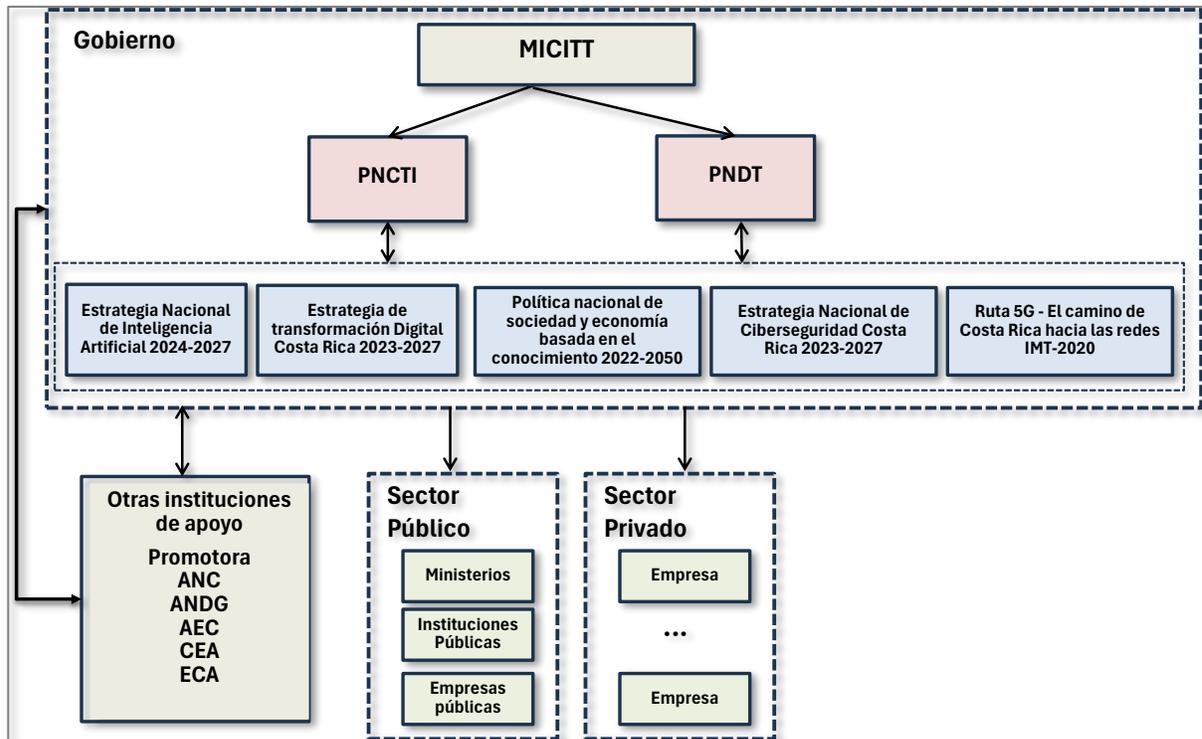


Figura 55. Estructura de las políticas de ciencia y tecnología del MICITT.

Fuente: elaboración propia.

A un segundo nivel, el MICITT ha emitido las siguientes estrategias como política pública, todas ellas vigentes:

1. Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial 2024-2027.
2. Estrategia de transformación Digital Costa Rica 2023-2027.
3. Política nacional de sociedad y economía basada en el conocimiento 2022-2050.
4. Estrategia Nacional de Ciberseguridad Costa Rica 2023-2027.
5. Ruta 5G - El camino de Costa Rica hacia las redes IMT-2020.

El PNCTI es el principal instrumento de política pública en lo que se refiere a innovación y enfoca sus acciones en tres áreas estratégicas:

1. Talento humano
2. Generación del conocimiento
3. Innovación transformadora.

La estructura del PNCTI se muestra en la figura 56. En el área estratégica de innovación transformadora el objetivo es:

“Promover la incorporación de la innovación en los procesos productivos del país como medio para generar una transformación productiva, social y ambiental en todos los territorios”. MICITT (2022a).

Las principales instituciones públicas involucradas en su ejecución son el MICITT, la Promotora de Innovación, COMEX/PROCOMER, el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) de la UCR, y el Ente Costarricense de Acreditación (ECA).

Menciona cinco áreas temáticas o áreas de investigación estratégicas:

1. Salud humana y ciencias de la vida
2. Bioeconomía
3. Tecnologías digitales
4. Inteligencia artificial
5. Desarrollo aeroespacial.



Figura 56. Componentes PNCTI 2022-2027.

Fuente: MICITT (2022).

La Promotora Costarricense de Innovación e Investigación

La Promotora Costarricense de Innovación e Investigación fue creada en 2021 mediante la Ley N° 9971, que transformó el antiguo CONICIT en esta nueva agencia, pero que no la dotó de presupuesto adicional ya que todo este depende de transferencias que le hace el MICITT. La promotora tiene como finalidad la promoción de la innovación y el desarrollo científico y tecnológico como ejes para alcanzar el desarrollo productivo y social del país, a través de la ejecución de instrumentos, programas y otros lineamientos de política pública dictados por el Poder Ejecutivo a través del MICITT. La promotora acercó más esta agencia hacia el sector productivo pues su junta directiva tiene una alta representación empresarial, pero hasta ahora su papel ha sido similar al antiguo CONICIT.

La figura 57 muestra la organización de la Promotora de Innovación.

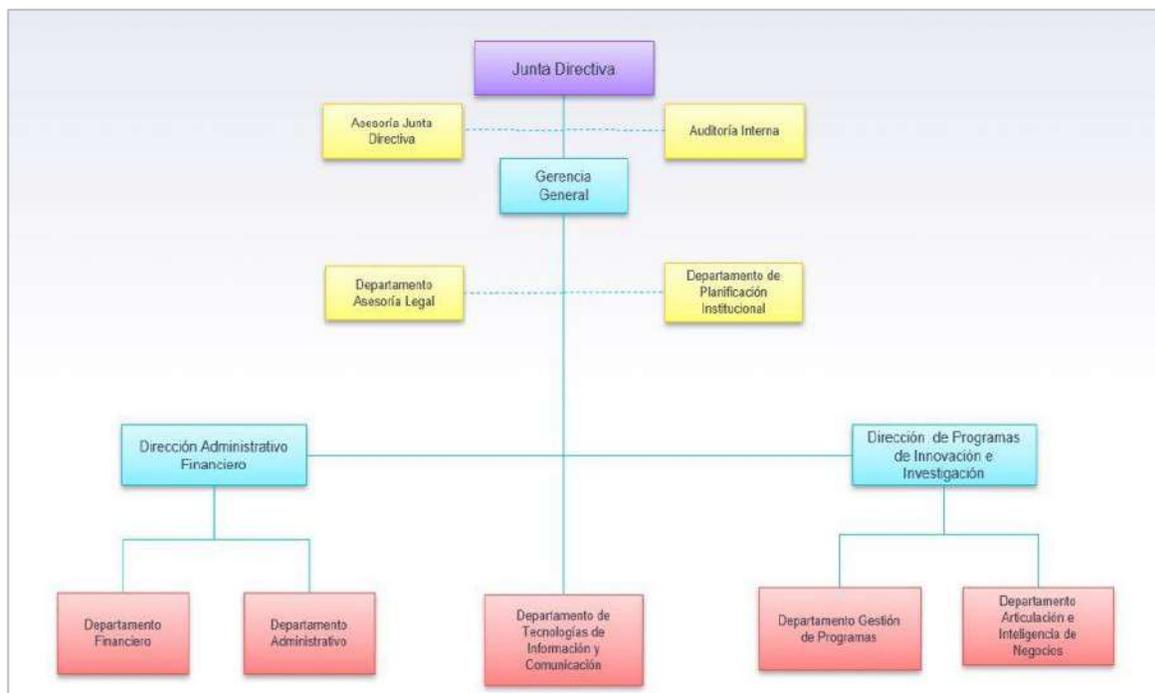


Figura 57. Organización de la Promotora de Innovación

Fuente: <https://www.promotora.go.cr/web/Promotora/organizacion>

La Junta Directiva de la Promotora está integrada por los siguientes nueve miembros:

1. La persona jerarca del Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (Micitt), quien preside la Junta Directiva.
2. La persona jerarca del Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC).
3. Un representante de la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (Cinde).
4. El presidente o la presidenta, o un vicepresidente o una vicepresidenta designado por la Unión Costarricense de Cámaras y Asociaciones de la Empresa Privada (Uccaep).
5. El presidente o la presidenta, o un vicepresidente o una vicepresidenta designado por la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR).

6. El presidente o la presidenta, o un vicepresidente o una vicepresidenta designado por la Cámara Nacional de Agricultura y Agroindustria (CNAA).
7. El presidente o la presidenta del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA).
8. Dos representantes de las universidades públicas designados por Conare.

La Promotora cuenta actualmente con 39 funcionarios y su presupuesto para 2024 es de ¢1.406 millones (unos \$2,7 millones), donde el 69% de su presupuesto (¢963 millones) se gasta en salarios, el 8% (¢104 millones) en gastos de operación, y únicamente el 24% (¢330 millones) en transferencias para financiar proyectos innovadores a través del fondo de inventivos. Adicionalmente, se está coordinando el equipamiento de los laboratorios LINC por unos ¢2.000 millones anuales en una coordinación entre MICITT e INDER.

Para 2024 la Promotora gestionó nueve convocatorias muy variadas con fondos concursables para investigación mediante los siguientes concursos:

- **Convocatoria Innova I+D+i Alianzas 2024:** está dirigida a instituciones y organizaciones científicas y tecnológicas, públicas y privadas sin fines de lucro, que tengan proyectos de investigación en salud, desarrollo tecnológico e innovación en salud, referidos al tema de control de tabaco y problemas de salud relacionados..
- **Convocatoria STEM Doc+ 2024:** enfocada en estudiantes activos de programas de doctorado nacional en áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) que se encuentren en etapa de ejecución de su proyecto (tesis) de investigación aplicada, a concursar por financiamiento no reembolsable.
- **Convocatoria CR INNvestiga 2024:** financia proyectos de investigación aplicada y de desarrollo científico y tecnológico, que generen un impacto positivo en "investigación en salud humana y ciencias de la vida" con recursos del Fondo de Incentivos, enmarcado en la Ley 7169, Ley de Promoción del Desarrollo Científico Tecnológico.
- **Convocatoria Clúster Avanza 2024:** dirigida a Pymes y agrupaciones de Pymes vinculadas a las iniciativas del Programa Nacional de Clústeres (PNC) a concursar por financiamiento no reembolsable. Ver mas.
- **Retos Públicos Innovadores 2024:** con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) busca identificar una cartera de retos o necesidades en las entidades públicas de Costa Rica que sean de interés público y puedan ser resueltos con actividades de investigación, desarrollo (I+D) y/o desarrollo tecnológico y/o innovación y con ello, generar un impacto positivo en el desarrollo económico, ambiental y social a nivel país.
- **Convocatoria Impulso Emprendedor 2024:** dirigida a emprendimientos basados en tecnología, con alto contenido innovador y con oportunidad de crecimiento y generación de empleo mediante propuestas de valor que solucionen un problema por la que el mercado esté dispuesto a pagar, de manera que logren consolidar un producto o servicio, generar empleos y crecer económicamente.

Claramente la Promotora es una agencia que no cuenta con el financiamiento adecuado para apoyar proyectos innovadores a una escala nacional que tenga un impacto significativo en el desarrollo del país.

Por ley el MICITT debe financiar la Promotora con el 14% de su presupuesto. Con respecto

al Fondo de Incentivos, ley 9971 habla de ¢1.000 millones anuales (artículo 39), pero este monto nunca se ha logrado (para 2024 se asignaron únicamente ¢330 millones). Adicionalmente, el Fondo PROPYME del MICITT que ronda los ¢118 millones anuales. La Promotora también está facultada para vender servicios de consultorías, pero aún no lo están haciendo.

A través de una entrevista personal, dos los funcionarios de la Dirección de Programas de Innovación e Investigación de la Promotora de innovación en afirmaron que la agencia necesita más presupuesto para contratar a más promotores, incrementar el fondo de incentivos para poder ampliar la cobertura (por ejemplo, al área de semiconductores), y fortalecer su capacidad de vender servicios (Cruz, J., Mora, M., entrevista personal, 1 de octubre de 2024).

La Agencia Espacial Costarricense (AEC)

En 2023 se crea en la Agencia Espacial Costarricense (AEC) mediante Ley N° 9960, con la finalidad de crear la arquitectura estratégica y el modelo operacional necesario para diseñar, desarrollar, ejecutar e implementar la estrategia nacional espacial. La AEC. La ley de la AEC estipula que está sometida a las directrices que dicte el MICITT y que financiará sus operaciones durante el plazo de cinco años, un aporte de las instituciones del sector público no financiero, excluyendo al Gobierno central, los gobiernos locales, la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), las universidades públicas y la Universidad Técnica Nacional (UTN), mediante transferencia de su superávit libre liquidado al final del período económico anterior, lo que no ha ocurrido.

El MICITT se opuso desde el principio a la creación de la agencia, la que nunca se financió adecuadamente. A la fecha el MICITT se ha declarado incapaz de poner en funcionamiento esta agencia por falta de presupuesto y está negociando con la Asamblea Legislativa el expediente 23.815 que pretende cerrar la Agencia Espacial Costarricense.

La Agencia Nacional de Gobierno Digital (ANGD)

En 2021 mediante Ley 9943 se crea la Agencia Nacional de Gobierno Digital (ANGD) como institución ejecutora de la política pública en materia de gobierno digital y en el desarrollo informático de la Administración Pública, como un órgano de desconcentración mínima del MICITT:

Esta ley establece que el MICITT definirá la política pública que la ANGD deberá cumplir e implementar para las instituciones de la Administración Pública, en materia de gobierno digital. Para esto, el MICITT podrá definir proyectos y servicios transversales para que sean ejecutados por la ANGD. Originalmente se iba a financiar con los superávits y fondos de las instituciones públicas que éstas se ahorran implementando los proyectos de la ANGD. Apenas en agosto de 2024 el MICITT sacó a consulta el reglamento de la agencia, el que aún no está aprobado.

El MICITT cuenta con una Dirección de Gobernanza Digital, cuya relación con esta agencia no está clara. Dirección de Gobernanza Digital del MICITT tiene dos departamentos:

Políticas normas y procedimientos, y Firma digital. El CSIRT-CR se pasó a la nueva Dirección de Ciberseguridad. La Dirección debe aprobar las compras públicas de TIC. No incluye las instituciones autónomas.

La Agencia Nacional de Gobierno Digital (ANGD) apenas está iniciando sus labores a pesar de que la ley para su creación se aprobó en 2021. La Agencia es el órgano ejecutor de los proyectos que siguen las directrices del MICITT. Ya cuenta con un reglamento aprobado y están en el proceso de nombramientos en 12 plazas para dicha Agencia. Actualmente cuenta con 4 personas nombradas, incluyendo el Gerente, más 2 en proceso de contratación. Tiene aprobadas 12 plazas y su reglamento fue publicado en setiembre 2024.

La Junta Directiva de la ANGD estará integrada por cinco miembros propietarios y sus respectivos suplentes:

- a) El ministro o la ministra de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones, quien lo presidirá. En su ausencia presidirá su suplente.
- b) Un representante del Ministerio de Hacienda.
- c) Un representante del Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC).
- d) Un representante del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (Mideplán).
- e) Un representante de la Unión Costarricense de Cámaras y Asociaciones del Sector Empresarial Privado (Uccaep).

Sistema de Banca para el Desarrollo

El Sistema de Banca para el Desarrollo (SBD) mediante Ley N°8634 del año 2014 considera el apoyo financiero del proceso de innovación como uno de sus objetivos específicos: *“Fomentar la innovación, transferencia y adaptación tecnológica orientada a elevar la competitividad de los sujetos beneficiarios de esta ley.”* (Artículo 4, Ley N°8634). Sin embargo, el SBD existe una alta concentración de recursos que son subutilizados y con requisitos poco accesibles al empresario promedio y están obstaculizando el posicionamiento internacional de Costa Rica con respecto a otros países que han logrado mejorar y ampliar las actividades emprendedoras Chaves (2015).

El papel de las PYMES

Existen amplias experiencias a nivel internacional sobre proyectos de apoyo a la PYME. Por ejemplo, el BID ha realizado 16 evaluaciones de impacto de diferentes programas PYME en Argentina, Panamá, Uruguay, México, Brasil, Chile y Colombia, encontrando lo siguiente:

1. Los resultados son positivos en todos los países.
2. Los subsidios con contrapartida no tenían un efecto diferente a los préstamos o incentivos fiscales.
3. La reevaluación después de 5 años de cinco de estos programas encontró un incremento en la productividad laboral de entre 9% y 12% para empresas individuales, y de entre 10% y 24% para grupos sectoriales de empresas.
4. En cuanto a los PET, la evaluación en Argentina encontró un aumento promedio del

20% en los empleos generados, aumentó los salarios reales en un 2% y un 4%

5. En Chile el programa *Profo* de innovación empresarial para grupos de PYMES encontró una mejora en productividad del 11%, con una tasa de retorno social del 20%.

La gran mayoría de las empresas productivas de Costa Rica cuentan con menos de 100 empleados, lo que las define como micro, pequeñas y medianas empresas (pymes). Según datos de Banco Central citados en MEIC (2021) para el 2019, el 97,4% de las empresas son PYME, de estas el 80,84% son micro, el 12,46% pequeñas y 4,10% medianas. Al año 2019, el parque empresarial costarricense se conformó por 137.378 empresas de las cuales 133.845 son PYME. La contribución de las PYME al producto interno bruto (PIB) en promedio es de 37,66%, siendo la microempresa la que tiene una mayor participación con un 12,78%, seguido de la pequeña con un 12,54% y la mediana con un 12,34%.

La mayor parte de las empresas en Costa Rica generan innovación incremental, es decir a partir de mejoras Chaves et al. (2015). No siempre nacen con motivación de innovar (sin embargo, esto no impide que se originen). En este sentido, según Schwab et al. (2020), Costa Rica forma parte del grupo de países que producen en mayoría innovaciones marginales o adaptación local de las tecnologías existentes.

En Costa Rica existe la ley N°8262 "*Ley de Fortalecimiento de las Pequeñas y Medianas Empresas y sus reformas*" de 2002, que creó el Consejo Asesor Mixto PYME como encargado del análisis del entorno económico, político y social, la cooperación activa entre los sectores, así como la evaluación de las estrategias para fortalecer la competitividad de las PYMES. Este consejo está conformado por la representación de las siguientes instancias: MEIC, MICITT, COMEX, BP, CONARE, INA, PROCOMER, PYMES de Costa Rica y UCCAEP; las cuales, a su vez, están encargadas de brindar seguimiento a los programas de apoyo al parque empresarial.

En el marco de la ley N°8262, Costa Rica tiene al menos cinco programas PYME a nivel nacional en cinco instituciones diferentes (MICITT con PROPYME, MEIC con DIGIPYME, MAG, INA, y Banco Popular). Aunque existen en cada uno de estos programas historias de éxito de pymes que han salido adelante con estos impulsos, no se ha realizado una evaluación de impacto detallada de estos programas, por lo que no se tienen métricas de su eficacia. Por ejemplo, mediante una evaluación de impacto se podría determinar si los instrumentos facilitados a las empresas pyme con fondos públicos han incrementado su inversión en innovación (más allá del subsidio mismo), si incrementan su productividad, si incrementan los puestos de trabajo, y si incrementan las ventas o penetración en nuevos mercados.

El Programa de Innovación y Talento Humano (PINN)

El Programa de Innovación y Talento Humano (PINN) fue financiado mediante un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo en 2014 mediante la Ley 9218 "*Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad*" (PINN), por un monto de \$35 millones para un periodo de 5 años de ejecución. Su objetivo fue contribuir al crecimiento de la productividad mediante el apoyo a las actividades de innovación del sector productivo y la formación de capital humano avanzado en áreas estratégicas definidas en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI). El PINN es la mayor inversión en innovación y

capital humano que ha hecho el país en toda su historia y su impacto positivo apenas se empieza a notar en el sistema nacional de innovación.

El contrato de préstamo N°2852/OC-CR, con el Banco Interamericano de Desarrollo finalizó su función desde el 31 de enero del año 2022, pero actualmente se está en un proceso de ejecución de los fondos remanentes. Existen además decenas de casos de empresas y ex becarios que están en gestión de cobro administrativo y algunos en cobro judicial por incumplimiento. Entre ellos, 133 casos de incumplimientos de personas del programa de capacitación en certificaciones profesionales (Vega, Orlando, entrevista personal, 14 de octubre de 2024). Tal y como muestra la Tabla 14, a finales de 2020 un total de 69 PYMES, 50 empresas de base tecnológica, 46 proyectos tecnológicos, 274 personas con becas de posgrado y 468 personas con programas de certificación profesional se beneficiaron de este programa. Es la mayor inversión que ha hecho el país en innovación en su historia.

Tabla 14. Resultados del PINN a finales de 2020.

PROGRAMA INNOVACIÓN Y CAPITAL HUMANO PARA LA COMPETITIVIDAD
(Programa N° 894)

Fuente: MICITT

Nombre del Subcomponente	Producto	Monto Adjudicado	Cantidad
SUBCOMPONENTE I.1 DESARROLLO DE CAPACIDADES EMPRESARIALES PARA LA COMPETITIVIDAD	I.1.1. Desarrollo de Capacidades Empresariales para la Competitividad	\$2.307.670	69
Total SUBCOMPONENTE I.1 DESARROLLO DE CAPACIDADES EMPRESARIALES PARA LA COMPETITIVIDAD		\$2.307.670	69
SUBCOMPONENTE I.2 PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA	I.2.1. Proyectos de Innovación, Desarrollo y Transferencia Tecnológica	\$795.045	10
	I.2.2. Proyectos de Transferencia de Conocimiento	\$114.995	27
	I.2.3. Proyectos de Asociatividad entre Empresas y Centros de Investigación para lograr Nuevos Productos	\$862.403	9
Total SUBCOMPONENTE I.2 PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA		\$1.772.443	46
SUBCOMPONENTE I.3 NUEVAS EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA	I.3.1. Iniciativas con Potencial para ser Aceleradas	\$498.823	50
Total SUBCOMPONENTE I.3 NUEVAS EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA		\$498.823	50
SUBCOMPONENTE II.1 CAPITAL HUMANO PARA LA COMPETITIVIDAD	II.1.1. Maestría Nacional	\$830.256	101
	II.1.2. Maestría en el Exterior	\$4.529.783	91
	II.1.3. Doctorado Nacional	\$357.180	21
	II.1.4. Doctorado en el Exterior	\$6.511.685	61
Total SUBCOMPONENTE II.1 CAPITAL HUMANO PARA LA COMPETITIVIDAD		\$12.228.904	274
SUBCOMPONENTE II.3 PROGRAMA DE CALIFICACIÓN PROFESIONAL	II.3.1. Programa de Calificación Profesional	\$1.371.690	468
Total SUBCOMPONENTE II.3 PROGRAMA DE CALIFICACIÓN PROFESIONAL		\$1.371.690	468
Total general		\$18.179.532	907

La Comisión de Energía Atómica (CEA) de Costa Rica

La Comisión de Energía Atómica (CEA) de Costa Rica según la Ley 4383 de 1969, Ley Básica de Energía Atómica para usos pacíficos de la energía atómica, la Comisión de Energía Atómica (CEA) como institución del Estado costarricense.

Presupuesto anual de ₡99.842.540 (2022), donde el 94% de su presupuesto está destinado a remuneraciones. Todo su presupuesto viene del MICITT.

Los proyectos de investigación que realizan son de cooperación técnica para los usos pacíficos de la energía atómica principalmente mediante cooperación técnica con la OIEA.

La Red Nacional de Incubadoras y

La Red Nacional de Incubadoras y Aceleradoras está conformada por las incubadoras, aceleradoras de empresas que se encuentran registradas ante el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC). Actualmente, está integrada por:

1. TEC EMPRENDE LAB
2. PARQUE TEC
3. INN UP-CENTRO DE INNOVACIÓN
4. PARQUE LA LIBERTAD
5. AUGÉ UCR
6. ACELERADORA GS1
7. UTN
8. CEi-UCI
9. INSUR
10. CARICACO
11. PROGRAMA SEMILLA
12. CIDE-CCECR
13. COTAI ZN
14. LA FÁBRICA 506 / UNIVERSIDAD FUNDEPOS
15. INERCA
16. ABBQ CONSULTORES S.A.
17. CONIDEAS S.A

AUGÉ por ejemplo ofrece a empresas nacientes programas de pre-incubación (4 meses) e incubación (3 meses), con apoyos que van desde ₡5 a ₡10 millones no reembolsables, sin pedir participación accionaria ni parte de las ventas activos de ningún emprendedor. Posterior a eso, es decisión del emprendedor aspirar por fondos tales como Sistema de Banca para el Desarrollo (SBD). Mensualmente AUGÉ acompañan entre 125 a 150 proyectos de

incubación de carácter científico/tecnológico. Hay 126 proyectos activos a la fecha. AUGE es parte de la DIPROVID de la VI de la UCR, donde la VI EE. UU. un fondo de excedentes de la UCR para cubrir $\frac{3}{4}$ del financiamiento de la agencia, el resto es por *fees* al SBD. Actualmente la agencia cuenta con un personal de 10 personas y un presupuesto de unos ¢180 millones anuales (Vargas, Alonso director ejecutivo de AUGE, entrevista personal, 22 de octubre de 2024). Empresas exitosas que han sido incubadas por AUGE incluyen:

1. Hullihealth.
2. Cloud Campus.
3. SNAP Compliance.

La Academia Nacional de Ciencias (ANC)

La Academia Nacional de Ciencias (ANC) fue creada mediante la Ley 7544 de 1995, como una institución de derecho público no estatal con la misión de asesorar a los poderes del Estado costarricense en Ciencia y Tecnología, promover la investigación científica y tecnológica del país y constituir un foro multidisciplinario de discusión científica permanente, con énfasis en el avance global de la ciencia y en la investigación de los problemas nacionales. Adicionalmente, la ANC se sustenta en el artículo 66 de la “*Ley de Promoción del Desarrollo Científico y Tecnológico*”, Ley 7169 de 1990. Este artículo fue modificado en la Ley 9971 “*Creación de la Promotora Costarricense de Innovación e Investigación*” del 28 de mayo del 2021. Constituye un foro de discusión y análisis científico, con el deber constante de generar una cultura científica y el progreso de esta, por medio de la investigación y las relaciones científicas entre sus miembros y otras agrupaciones científicas, a través de la colaboración con organismos nacionales e internacionales. Todo su financiamiento proviene del presupuesto del MICITT.

La ANC no hace I+D como tal, pero sí ayuda a promoverla. Mantiene el NIC nacional y la Red TICOTAL (Red de Talento Costarricense en el Extranjero), un programa creado en 2010 para conectar a científicos e ingenieros costarricenses que estudian o trabajan en el exterior (la diáspora científica).

Inversión en I+D

Desde 2006 Costa Rica cuenta con indicadores confiables sobre ciencia, tecnología e innovación. Los números más recientes están en el Informe de “*Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación*” de 2002 MICITT (2022). Tal y como se muestra en la figura 58, la inversión en I+D ha descendido a casi la mitad en los últimos 10 años, lo que muestra un patrón preocupante a nivel de país. En la LAC, Costa Rica está debajo del promedio (0,61%) y está por encima (0,34%) de los cuatro países latinoamericanos pertenecientes a la OCDE, pero muy por abajo del promedio de la OCDE que es de 2,67%.

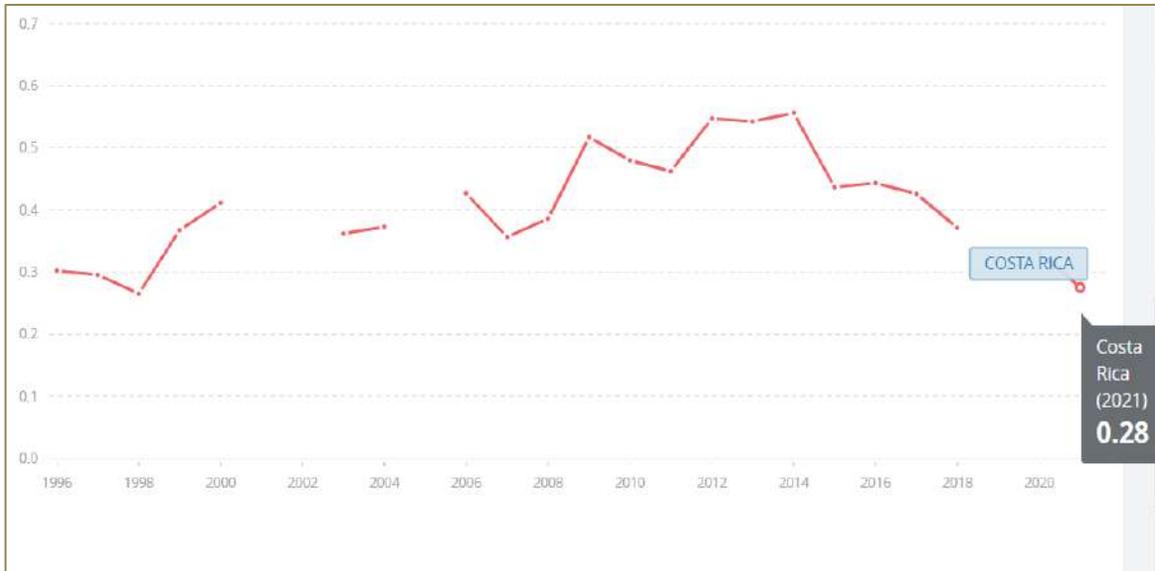


Figura 58. Inversión anual de Costa Rica en I+D como porcentaje del PIB.

Fuente: <https://data.worldbank.org/indicador>

Tal y como muestra la figura 59, en números totales, en 2022 Costa Rica invirtió \$234 millones en I+D, donde el 47,6% corresponde al sector académico, el 22,6% al sector público, y el 29,7% al sector empresarial. La inversión en I+D incrementó en 2022 con respecto al 2021 y se ha mantenido constante en los últimos tres años como porcentaje del PIB.



Figura 59. Inversión en I+D en 2022.

Fuente: <https://www.micitt.go.cr/micitt/publicaciones/indicadores-de-ciencia-y-tecnologia>.

Curiosamente, si vemos más en detalle en cuáles áreas científicas se invierte en I+D, tal y como muestra la figura XX, prevalecen las ciencias sociales con un 41,7%, un 25,4% para las ciencias exactas, mientras que ingeniería y tecnología representa únicamente el 11,7%. EN Costa Rica, la investigación desarrollada por las universidades estatales con fondos del FEES representan el 78% de la investigación científico-tecnológica efectuada en el país. Según el Consejo Nacional de Rectores (CONARE), las universidades estatales invirtieron en I+D un promedio anual de \$135 millones entre 2017 y 2021, tal y como muestra la figura 60. La UCR aportó el 58,5% de la producción de conocimiento en ciencia y tecnología, la UNA el 15,5% y el ITC el 6,44%. Estas universidades también compiten por financiamiento en fuentes internacionales y generan recursos propios mediante el vínculo externos.

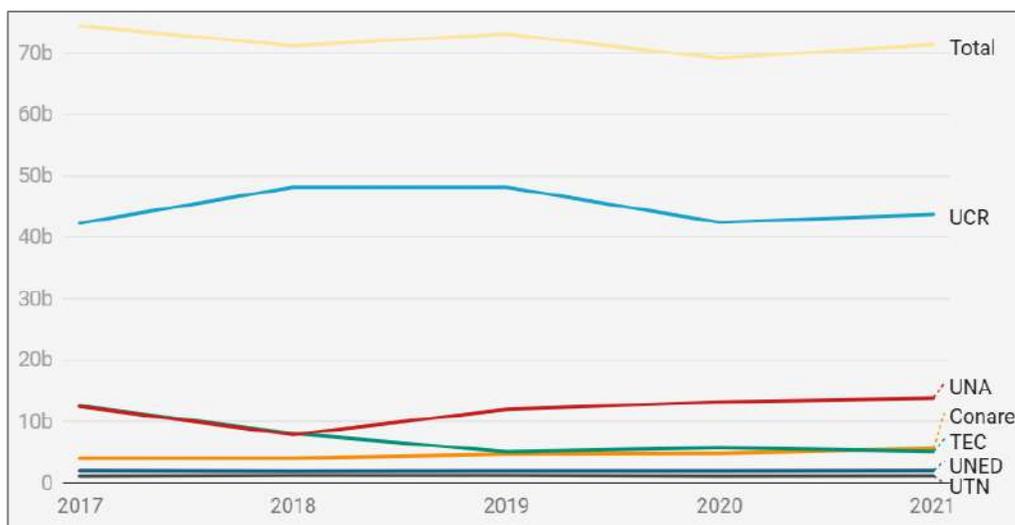


Figura 60. Inversión en I+D de las universidades públicas 2017-2021.
Fuente: CONARE

En cuanto a la producción de talento humano, existe la *Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE)* UNESCO (2015) como marco para reunir, compilar y analizar estadísticas sobre educación superior comparables entre países. La CINE fue desarrollada por primera vez a mediados de la década de 1970 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), y desde entonces ha sido revisada varias veces, incluso en 2011 y 2013. De acuerdo con esta clasificación, es importante aclarar los siguientes tres términos:

- STEM: science, technology, engineering, and mathematics.
- STEAM: science, technology, engineering, mathematics, and arts.
- STEMM: science, technology, engineering, mathematics, and medicine.

La figura 61 muestra los países como más graduados STEM en el mundo en 2020. La lista es liderada por China con 3,57 millones, seguida por India con 2,55 millones y EE. UU. con 820 mil graduados.

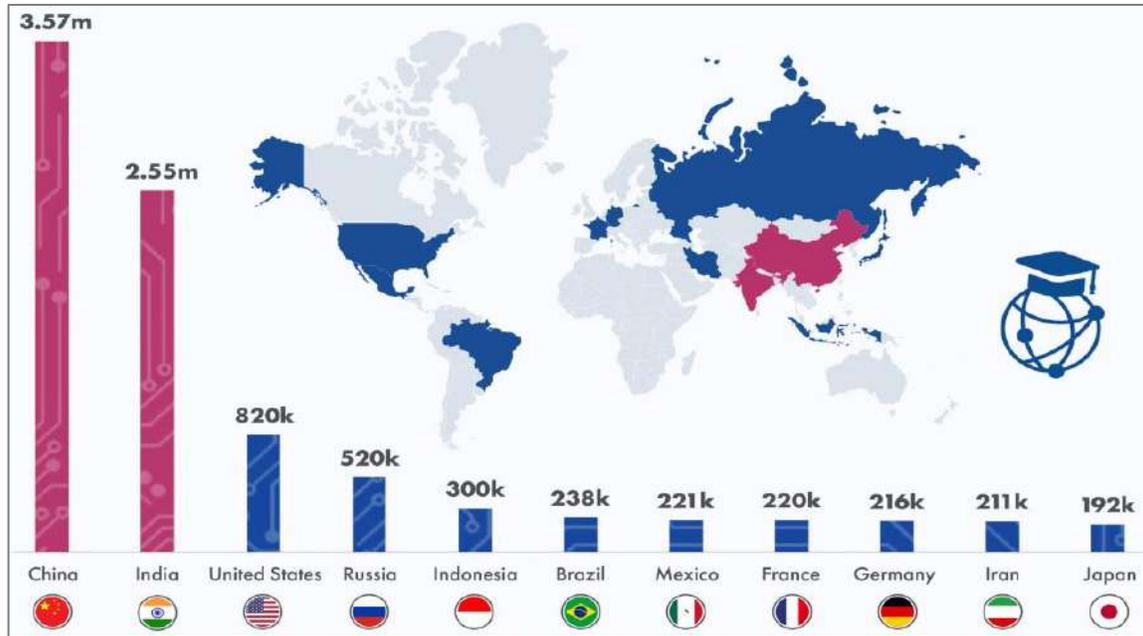


Figura 61. Número de graduados STEM por país en 2020.

Fuente: <https://cset.georgetown.edu/article/the-global-distribution-of-stem-graduates-which-countries-lead-the-way/>

Por otro lado, la figura 62 muestra los datos de 37 países recolectados por la OECD y sus graduados de Bachillerato universitario en carreras STEM en el año 2021 como porcentaje del total de graduados en cada país. Los líderes son Alemania con 35% y Corea del Sur con 32%. Costa Rica con 17% solo supera a Noruega (16%) y Brasil (15%).

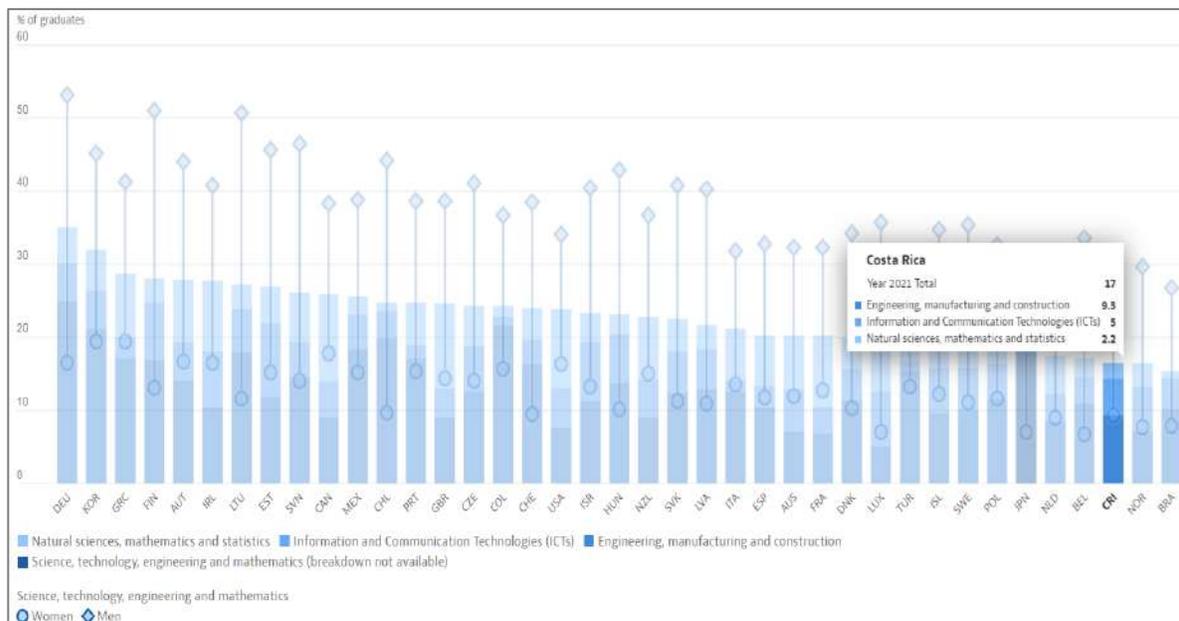


Figura 62. Graduados STEM por país OECD como porcentaje del total de graduados.

Fuente: <https://goingdigital.oecd.org/en/indicator/43>

En Costa Rica el porcentaje de personas graduadas de las universidades en áreas STEM es de sólo del 15,11% de acuerdo con MICITT (2022a). En las universidades públicas es de 30,9% de acuerdo con Picado et al. (2023), tal y como muestra la figura 63.

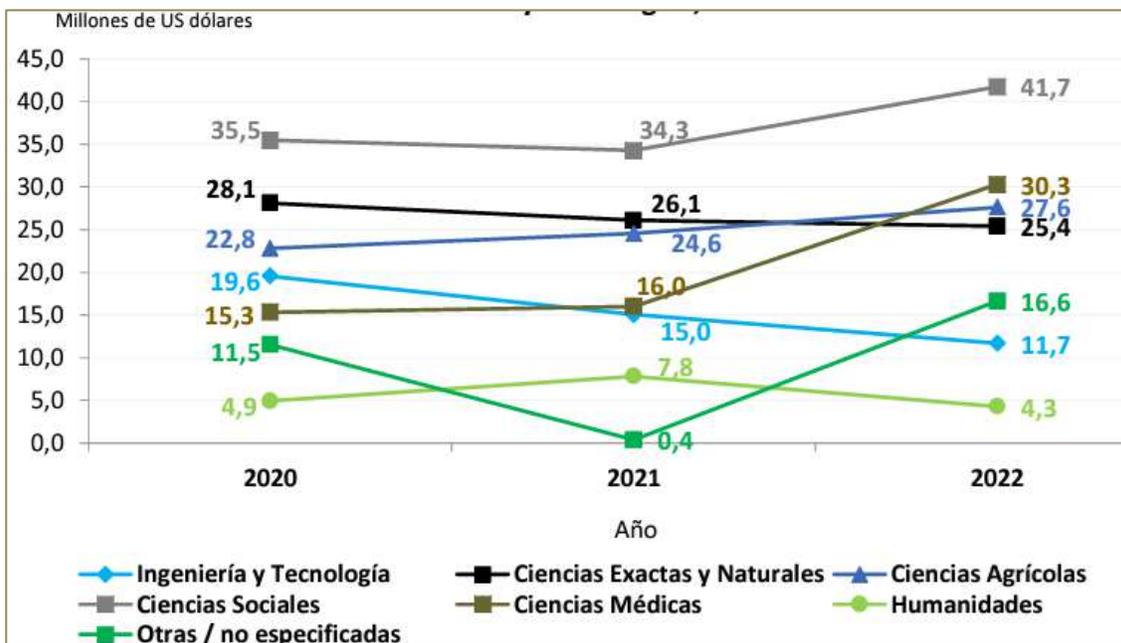


Figura 63. Inversión en I+D en 2022 por área científica.

Fuente: <https://www.micitt.go.cr/micitt/publicaciones/indicadores-de-ciencia-y-tecnologia>.

Como resultado de la inversión en ingenierías y tecnología, en Costa Rica se otorgaron 223 patentes en 2018, pero solo 12 de ellas fueron a residentes, el resto fueron otorgadas a ciudadanos no residentes en el país.

La mayor parte de las actividades de I+D se ejecutan en el sector académico a través de las universidades públicas que en promedio se les atribuye el 36% del monto nacional proveniente del FEES, es decir, financiamiento estatal principalmente. Hasta el año 2018 las universidades públicas y privadas han mostrado una tendencia creciente en cuanto a la inversión total en I+D, tal y como se muestra en la figura 64. Por otro lado, algunos centros, institutos y universidades privadas invierten en I+D, tales como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Instituto de Investigación en Ciencias Médicas Universidad EARTH, entre otras. Claramente la disminución en la inversión en I+D a nivel nacional tiene es causada por la falta de inversión que hace el sector privado en innovación.

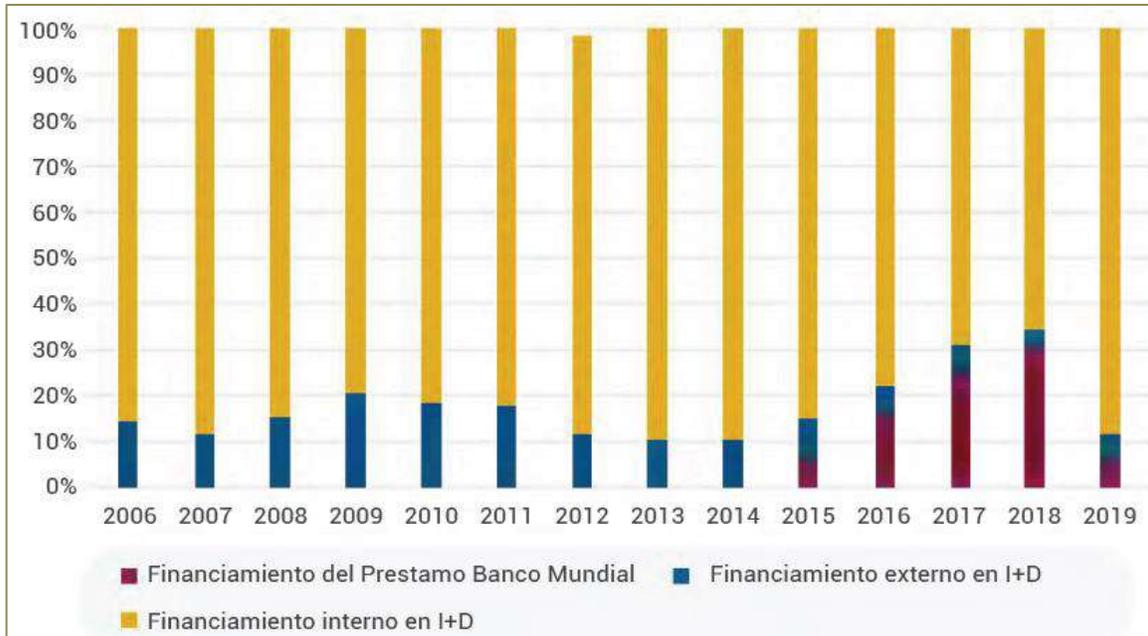


Figura 64. Inversión de las universidades públicas de Costa Rica en I+D.
Fuente: Subcomisión de Indicadores de la Investigación Universitaria (CONARE).

La figura 65 muestra los principales actores del sistema nacional de innovación de Costa Rica. No es una lista exhaustiva de todos ellos. En rojo están las instituciones y agencias y universidades públicas, en verde los actores del sector privado, y en azul las organizaciones no gubernamentales. Todo el sistema gira alrededor el ambiente político, empresarial, legal, y financiero que el país defina, donde el gobierno es el principal actor.

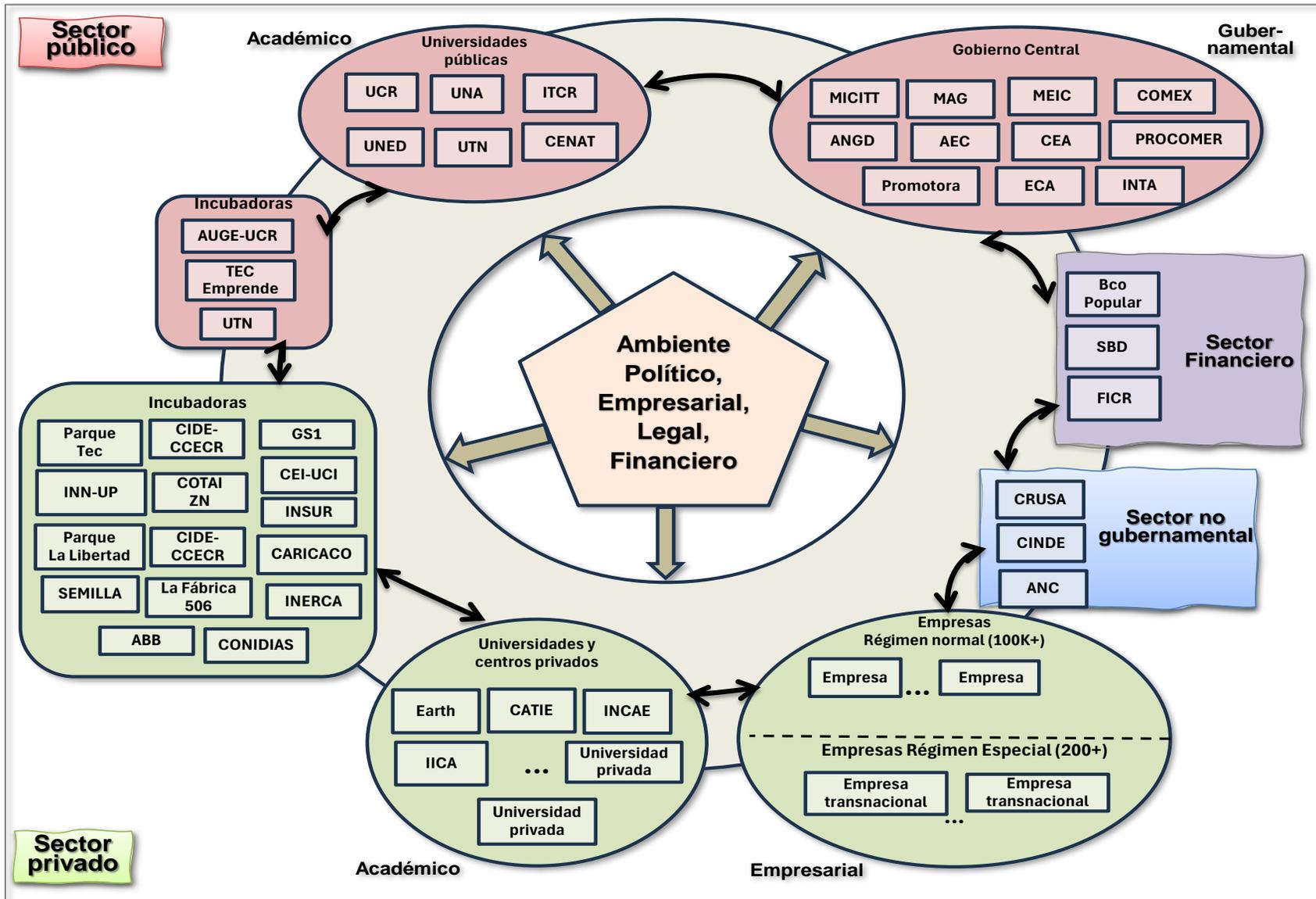


Figura 65. Mapeo de actores del SNI de Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia.

Monge (2023b) argumenta que en Costa Rica las empresas más innovadoras y con capacidad de innovar son las medianas y grandes, pero que los escasos recursos para innovación con que cuenta el MICITT están destinados principalmente a micro y pequeñas empresas. Menciona también que los instrumentos empleados no son los mejores pues están actualmente dirigidos al lado de la oferta (e.g., producción directa de conocimiento mediante capital humano capacitado), mientras que países más desarrollados están moviendo hacia políticas más al lado de la demanda, es decir, de crear una demanda social por la innovación. Como lo indica el trabajo de Michael Porter sobre la ventaja competitiva, las naciones con consumidores exigentes están en una mejor posición porque eso presiona a las empresas a innovar y ser más eficientes Atkinson (2020).

Monge (2020) presenta un análisis cualitativo sobre los SIN de 6 países. La tabla AA presenta este análisis extendido con el caso de Costa Rica. La tabla resume de las características más sobresalientes de los SNI de estos siete países calificando y agrupando estas características en tres categorías:

- Resultados positivos + (considerados como fortalezas).
- Resultados regulares +/- (considerados como áreas de posible mejora).
- Resultados deficientes - (considerados como debilidades).

La tabla 15 refleja la clara diferencia entre los países desarrollados (Estados Unidos, Alemania, Finlandia, Israel y los Países Bajos) respecto a los países en vías de desarrollo (Brasil y Chile y Costa Rica). Según nuestro criterio, Costa Rica solo obtiene resultados positivos (+) en la existencia de agencias especializadas para la ejecución de las políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTeI). Es decir, el país cuenta actualmente con la institucionalidad requerida, pero no es muy eficiente y no está debidamente financiada.

Por otro lado, Orozco et al. (2014) concluyen que el SNI de Costa Rica está subdesarrollado y fragmentado, sus actores principales son débiles y mal financiados para realizar las tareas que deberían hacer.

Adicionalmente, el estudio de la OECD de 2017 concluye que la financiación para la innovación es escasa, la investigación básica, (mayoritariamente hecha en las universidades) no está direccionada a resolver problemas nacionales, y la gobernanza del sistema es muy débil por lo que la articulación entre componentes del sistema no de da adecuadamente OECD (2017). El estudio concluye diciendo que, para mejorar su nivel de innovación, Costa Rica tiene que asumir un compromiso creíble a largo plazo con la investigación, el capital humano, la difusión de la tecnología y la innovación, y una gobernanza más efectiva. Afirma que el sistema de ciencia y tecnología está altamente fragmentado, lo que limita su eficacia e impide la coherencia y la dirección de la política de investigación por parte del MICITT y sus agencias dependientes. Desde entonces (2017), poco progreso se ha hecho en arreglar estos problemas.

Tabla 15. Comparación de los SNI de siete países y de Costa Rica.

Fuente: Elaboración propia con base en la tabla de Monge (2020).

ASPECTOS RELEVANTES	EE.UU.	Alemania	Finlandia	Israel	Países Bajos	Brasil	Chile	Costa Rica
Importancia dada a la innovación y alineamiento de otras políticas a los esfuerzos de innovación	+	+	+	+	+	+/-	+/-	-
Comprensión correcta de los fracasos de mercado en el campo de la innovación para el diseño de políticas	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-
Visión sistémica para promover la CTel	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-
Fomento de todo tipo de innovación y en todas las actividades productivas	+	+	+	+	+	+/-	+/-	-
Gobernanza (colaboración y coordinación estratégica; monitoreo y evaluación de políticas y programas)	+	+	+	+	+	+/-	+/-	-
Consejos de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel)	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-
Desarrollo de actores claves del Sistema Nacional de Innovación	+	+	+	+	+	+	+	+/-
Agencias especializadas para la ejecución de las políticas de CTel	+	+	+	+	+	+	+	+
Trabajo en redes entre y dentro de las instituciones de gobierno, academia y sector público	+	+	+	+	+	-	-	-
Desarrollo de fuentes de financiamiento para las actividades de innovación (p.ej. industria de capitales de riesgo)	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-
Fortalecimiento de la relación U-Empresa (educación, investigación y transferencia tecnológica)	+	+	+	+	+	+/-	+/-	-
Promoción de la calidad, la cobertura y la pertinencia de la educación a todo nivel	+	+	+	+	+	+/-	+/-	-
Infraestructura de apoyo a la innovación (ej. incubadoras, aceleradoras, centros de investigación, propiedad intelectual)	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-
Desarrollo de clústeres tecnológicos en diversas actividades	+	+	+	+	+	+/-	+/-	-
Atracción de IED para participar en I+D	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-
Apoyo con políticas e instrumentos a las PYMES para su participación en actividades de innovación	+	+	+	+	+	+/-	+/-	+/-

Nota:

- + resultados positivos
- +/- resultados regulares
- resultados deficientes

Uno de los problemas del SNI de Costa Rica es la falta de inversión por parte del sector privado. Tal y como muestra la figura 66, el sector público invierte alrededor de dos tercios del total de la inversión en I+D, y el sector privado solo un tercio, mientras que en los países desarrollados es la inversa, la mayor cantidad de inversión viene de la empresa privada. Costa Rica tiene una escasez de inversión en innovación por parte del sector privado. *“Las empresas que contemplan la posibilidad de invertir en I+D pueden ser reticentes a hacerlo porque, en caso de tener éxito, la innovación puede filtrarse, y otros compartirían los frutos de su inversión; la naturaleza de bien público del conocimiento da lugar a externalidades.”* Crespi (2014).

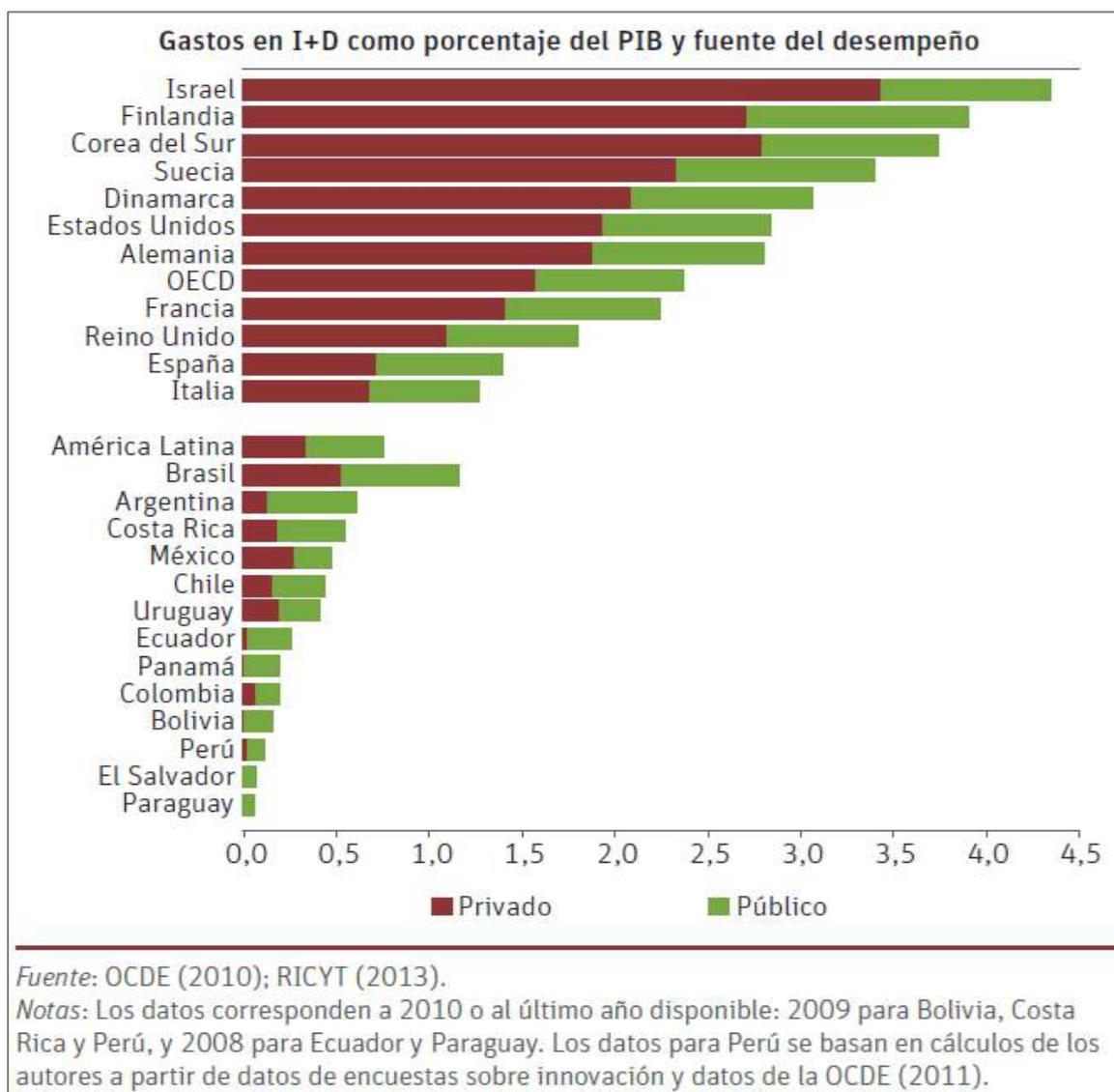


Figura 66. Inversión en I+D de los países OECD por sector.
Fuente: Crespi (2014).

Costa Rica también padece de una escasez de investigadores. La figura 67 muestra el número de investigadores por cada 1.000 personas de la población económicamente activa. Somos el último país de la OECD con menos de un investigador. Pese a la evidencia de altos retornos sociales, el país no invierte lo suficiente en innovación Crespi (2014).

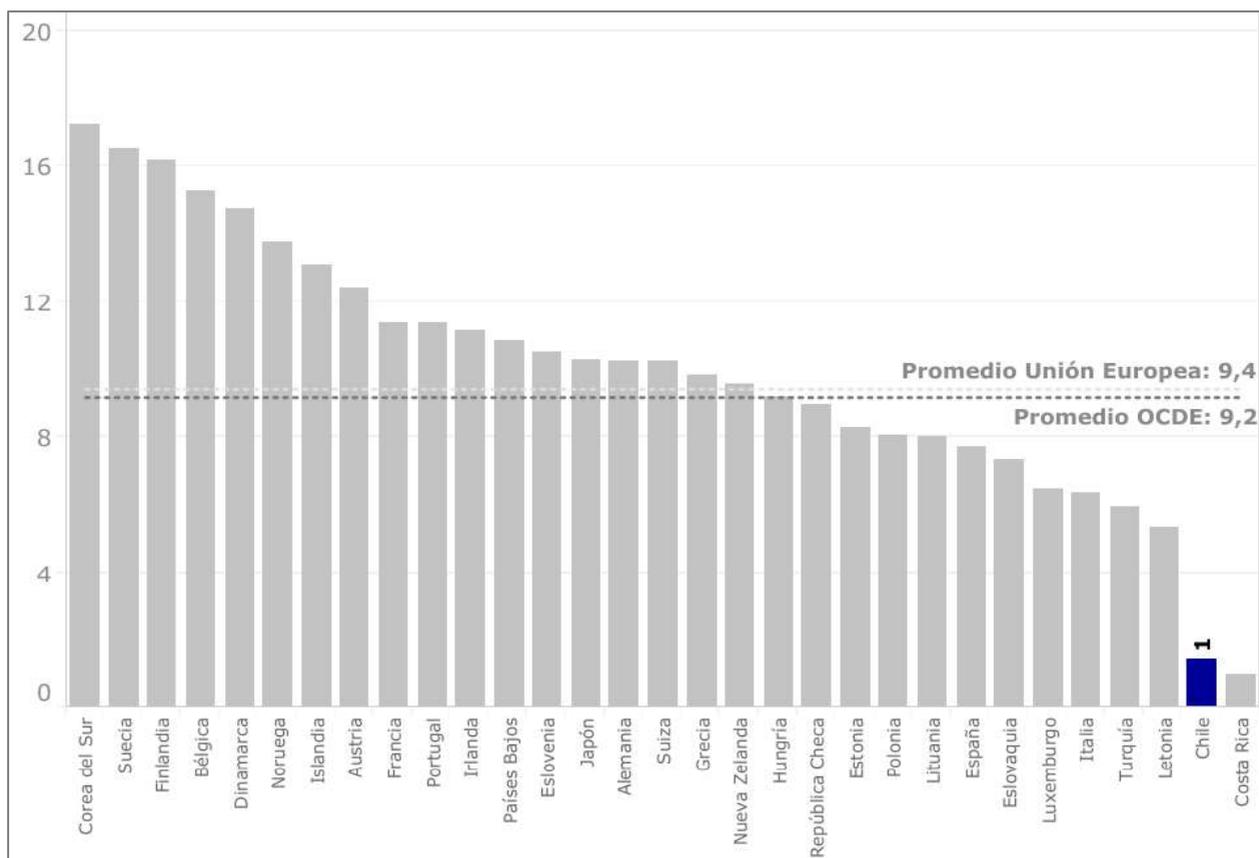


Figura 67. Investigadores por cada 1.000 personas en la población económicamente activa de los países OECD. Fuente: OECD (2021).

Finalmente, Orozco et al. (2024) propone que Costa Rica necesita un nuevo conjunto de políticas de crecimiento económico que le permita subir de ser un país de ingreso medio alto a un país de ingreso alto. Hasta ahora las políticas y programas utilizados no le han permitido al país dar este paso porque no se ha podido desarrollar integralmente el sistema nacional de innovación y romper la dualidad que existe entre el sector exportador (de zona franca) y el resto de la economía. Terminan diciendo que el país no va a mejorar su crecimiento económico si no resuelve estos problemas de su sistema nacional de innovación.

La baja en los últimos años en los indicadores de inversión nacional en I+D, el número de investigadores por cada mil habitantes, la reducción en el coeficiente de invención, la caída de la inversión directa en I+D, y la baja en las exportaciones de tecnología, muestran un retroceso preocupante del país en temas de innovación Monge (2024b).

En conclusión, todos estos estudios evidencian las muchas debilidades del SIN de Costa Rica,

pero el país nunca ha decidido poner la ciencia y tecnología como prioridad en sus presupuestos, por lo que el país avanza muy lentamente en innovación.

Hay consenso que la creación de capacidades de investigación en infraestructura, educación y recurso humano capacitado (lado de la oferta) deben ser complementadas del lado de la demanda (las empresas públicas y privadas) y mejorar las fallas de coordinación entre ambas. Los presupuestos públicos asignados a la innovación empresarial siguen siendo minúsculos. En Costa Rica, uniendo los cuatro fondos actuales no llega al 0,0005% del PIB, con un problema serio de su ejecución presupuestaria permanente. Aún si sumamos el componente de innovación del PINN, que es un préstamo y no un presupuesto permanente, el monto sigue siendo insignificante. LA OECD coincide en este punto. Monge (2020) por otro lado argumenta que los incentivos para la innovación han estado focalizados del lado de la oferta (e.g., desarrollo de capital humano), mientras que los que necesita el país son incentivos del lado de la demanda (e.g., sector privado). Costa Rica no va a salir de la trampa del ingreso medio si no mejora su innovación Monge (2024a).

Especial atención deberían merecer programas que generan externalidades y difusión de la tecnología a grupos de empresas en sectores estratégicos de la economía. Por ejemplo, Monge (2024b) propone enfocar las políticas públicas en cuatro ejes:

1. Atraer inversión extranjera directa en I+D. Revisar el sistema de incentivos para lograrlo.
2. Impulsar a las pymes a mejorar su productividad. Impulsar el desarrollo de clúster tecnológicos.
3. Dinamizar el ecosistema de emprendedurismo innovador y tecnológico. Fortalecer las redes de incubadoras.
4. Promover políticas de innovación del lado de la demanda.

Finalmente, Monge (2024a) y Crespi et al. (2014) proponen que Costa Rica debiera fortalecer sus políticas de creación de clústeres tecnológicos pues estos generan gran cantidad de empleo al agrupar a productores similares que utilizan las mismas cadenas de suministros. El país cuenta actualmente con dos clústeres principales muy exitosos:

1. **Dispositivos Médicos.** Su desarrollo inició en 1987 con la primera planta de Baxter. Actualmente el ecosistema ciencias de la vida es robusto y cuenta con unas 74 empresas multinacionales en tecnología y dispositivos médicos. Costa Rica alberga 13 de los 20 principales fabricantes de equipos médicos, además de 16 líderes en tecnología de punta. Según COMEX, los dispositivos médicos es el producto de mayor exportación en el país con \$7.624 millones en 2023.
2. **Tecnologías de Información y Comunicación.** Es un sector compuesto de más de 200 empresas nacionales y transnacionales. Es el tercer producto de exportación, después del dispositivos médicos y turismo. \$4.700 millones en exportaciones de servicios intensivos en conocimiento y #1 en exportación de servicios de TI per cápita en Latinoamérica (WEF, 2019). Según datos de CINDE, Costa Rica es una economía intensiva en conocimiento, que exporta el doble más servicios que el promedio de países de la OCDE en áreas como desarrollo de software, análisis de datos, servicios en la nube, ciberseguridad, UX/UI, así como algunos procesos de I+D.

Consideraciones finales

Los gobiernos son los encargados de articular a los diferentes actores del sistema nacional de innovación para que trabajen sinérgicamente. Los países más avanzados en innovación a nivel mundial son muestra de ello.

La madurez de un sistema de innovación está altamente influenciada por la cultura de innovación del país y por el ambiente de emprendedurismo que provea a sus ciudadanos. El emprendedurismo es la capacidad de idear, gestionar y llevar a cabo proyectos, transformando ideas innovadoras en productos, servicios y negocios viables en el mercado.

Mejorar el sistema nacional de innovación le puede ayudar a un país a sortear el problema de la baja productividad y del bajo crecimiento económico que eso conlleva, para así mejorar su prosperidad en el largo plazo. En este sentido, la inversión en infraestructura de innovación puede ser mucho más beneficiosa a largo plazo que la misma inversión en infraestructura física, especialmente para países en desarrollo. Es claro que la innovación tecnológica es casi la única manera que tienen las naciones para lograr superar la trampa del ingreso medio.

La innovación es cada vez más global y las divisiones entre países de ingreso alto, que se renquean entre los más innovadores del mundo, y los demás países se han ido acentuando. Sabemos que América Latina es una región con un gran potencial de innovación aun sin explotar y sus países, incluyendo por supuesto a Costa Rica, no lograrán alcanzar una sociedad basada en la información y el conocimiento si no mejoran sus sistemas nacionales de innovación. El peligro de esto es que, a pesar de que muchos gobiernos de la región lo tienen claro y están trabajando en ello, estas agendas de innovación se descarrillen por periodos de inestabilidad económica y política que parecen suceder con cierta frecuencia en nuestra región.

El fortalecimiento del sistema nacional de innovación de Costa Rica es en última instancia una decisión política pública a largo plazo (décadas) que el país debe empezar a tomar ahora mismo. Esto no es particularmente fácil en una democracia sin consensos claros sobre el modelo de desarrollo a seguir que pasa por un proceso electoral cada cuatro años.

Costa Rica enfrenta el reto de articular y financiar adecuadamente a las instituciones gubernamentales encargadas de la innovación con las entidades del sector académico, privado y otras organizaciones no gubernamentales, en una realidad fiscal donde los recursos financieros y humanos son escasos. Adicionalmente, encontrar la manera de incrementar la innovación del lado de la demanda (usuarios) de tal manera que aumente la inversión en I+D de parte del sector privado.

En esta dirección, Costa Rica debe apalancar sus fortalezas actuales y pensar estratégicamente en cuál es el conjunto de tecnologías en donde puede sobresalir en innovación a nivel mundial. El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación define cinco de ellas. Así pues, debe enfocar sus limitados recursos financieros y humanos en esas áreas estratégicas y hacer las inversiones a largo plazo que se necesitan. Esto requiere visión estratégica de largo plazo (décadas). Por

ejemplo, implementar la actual estrategia de microprocesadores desarrollada por COMEX, cuyo éxito será producto de las decisiones a nivel de política pública que se tomen en los próximos años. El panorama es prometedor, pero igualmente es grande el reto de aprovecharlo. Con el futuro de su prosperidad en juego, Costa Rica no puede darse el lujo de desaprovechar la oportunidad. Es hora de dejar de planificar y empezar a implementar.

REFERENCIAS

- Alfaro, Ileana (2011). Sistema de Innovación, conceptos y aplicación, en *Conocimiento, Innovación y Desarrollo*, Rafael Herrera y José M. Gutiérrez (eds.). IGE Editorial.
- Alic, J.A.(2011). Everyone an Innovator. En Block et al. eds. *State of Innovation: The U.S. Government's Role in Technology Development*. Routledge.
- Al-youbi, A., Zahed, A., Nadim Nahas, M., Hegazy, A. (2021). *Statistics of Patents of the World's Most Innovative Universities*. January 2021, DOI: 10.1007/978-3-030-59694-1_7.
- Azzoni, C., Tessarin, M. (2024). Innovation and Competitiveness, en Amann, E. y Figueiredo, P.N. (eds.) *Innovation, Competitiveness, and Development in Latin America: Lessons from the Past and Perspectives for the Future*. Oxford University Press.
- Anthony, Scott D. (2011). *The Little Black Book of Innovation: How It Works, How to Do It* Hardcover. Harvard Business Review Press.
- Atkinson, Robert D. (2020). *Understanding the U.S. National Innovation System, 2020*. November 2, 2020. <https://itif.org/publications/2020/11/02/understanding-us-national-innovation-system-2020/>
- Atkinson, R.D., Ezell, S.J. (2012). *Innovation Economics*. Yale University Press. <https://itif.org/publications/2020/11/02/understanding-us-national-innovation-system-2020/>
- Barriga, Alfredo (2016). *Futuro Presente*. Santiago, Chile.
- Béjar (2024). *Ejemplos de Indicadores de Innovación*. <https://nataliabejar.com/innovacion/ejemplos-de-indicadores-de-innovacion/>. Recuperada 25 agosto 2024.
- Block, F., Matthew, R.K. (2011). Where do Innovations Come from?. En Block et al. eds. *State of Innovation: The U.S. Government's Role in Technology Development*. Paradigm Publishers.
- Block, F., Matthew, R.K. eds.(2011). *State of Innovation: The U.S. Government's Role in Technology Development*. Paradigm Publishers.
- Block, F. (2011). Innovation and the Invisible Hand of Government. En Block et al. eds. *State of Innovation: The U.S. Government's Role in Technology Development*. Paradigm Publishers.
- Bosch, Jan (2017) *Speed, Data, and Ecosystems*. CRC Press.
- Camacho, M. (2014). Políticas e Instrumentos para Impulsar la Innovación en las Pymes, en el Marco del Cambio Climático en Uruguay, en Dini, M; Rovira, S; Stumpo, G. (eds.) *Una Promesa y un Suspirar: Políticas de Innovación para Pymes en América Latina*. CEPAL. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37352/1/S1420481_es.pdf .
- Campos, A., León, S., Carvajal V.G. (2023). *Atlas Nacional de la Innovación 2022*. CONARE. <https://www.conare.ac.cr/atlas-nacional-de-innovacion-analisis-del-panorama-de-la-innovacion-en-costarica/>
- CEPAL (2013). *Economía digital para el cambio estructural y la igualdad*. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35408/1/S2013186_es.pdf.
- CEPAL (2022). *Innovación para el desarrollo: la clave para una recuperación transformadora en América Latina y el Caribe (LC/CCITIC.3/3/-*)*, Santiago, 2022. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47544-innovacion-desarrollo-la-clave-recuperacion-transformadora-america-latina-caribe>.
- CGR (2023). *Recursos asignados al Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) en el Proyecto de Ley del Presupuesto de la República 2024*. Contraloría General de la República. DFOE-CAP-MTR-00003-2023. <https://sites.google.com/cgr.go.cr/monitoreocgr/2024/it-2024/dfoe-cap-mtr-00003-2023>.
- Chaves, M. y Fonseca, R. (2015). EMPRENDEDURISMO EN COSTA RICA: ESTANCAMIENTO EN LA

TRANSICIÓN A LA INNOVACIÓN. *Economía y Sociedad*, Vol. 20, N° 48, pp. 1-19.
Doi:<http://dx.doi.org/10.15359/ey.s.20-48.5>

- CPC (2016). *Outline of the National Innovation-Driven Development Strategy*. Central Committee of the Communist Party of China and the PRC State Council. http://www.xinhuanet.com/politics/2016-05/19/c_1118898033.htm.
- Christensen, C. M.; Raynor, M. (2003). *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. Harvard Business School Publishing.
- Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1997.
- Cirera, X.; Maloney, W. F. (2017). La paradoja de la innovación: Las capacidades de los países en desarrollo y la promesa incumplida de la convergencia tecnológica. World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/28341>
- Cirera, X., Frías, J., Hill, J., Li, Y. (2020). A Practitioner's Guide to Innovation Policy: Instruments to Build Firm Capabilities and Accelerate Technological Catch-Up in Developing Countries. World Bank Group. DOI: 10.1596/33269.
- Crespi, Gustavo. (2010). *Nota Técnica sobre el Sistema de Innovación en Costa Rica*. IDB Technical Note No. IDB-TN-142, Inter-American Development Bank, Washington, DC. <https://publications.iadb.org/handle/11319/3414>.
- Crespi, G., Tacsir, E. (2012a). ¿Es la inversión en innovación una inversión rentable? Evidencia para América Latina. En *INVERSIÓN EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN: PROYECTANDO A COSTA RICA*. Keilor Rojas (ed.). Editorial Académica Española.
- Crespi, G.; Zuniga, P. (2012b), Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries, *World Development* 40(2), p. 273-290. doi:10.1016/j.worlddev.2011.07.010.
- Crespi, G.; Fernández-Arias, E.; Stein, E. (2014). *¿Cómo repensar el Desarrollo Productivo? Políticas e Instituciones Sólidas para la Transformación Económica*. BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0006382>.
- Crespi, G.; Zuniga, P. (2012). Innovation and Productivity: Evidence from Six Latin American Countries, *World Development* 40(2), p. 273-290. doi:10.1016/j.worlddev.2011.07.010.
- De La Cruz Jr., H. (2023). Apple's Success: An Inspiration or a Guide for Today's Entrepreneurs. *American Journal of Industrial and Business Management*, 13, 1194-1201. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2023.1311066>
- Edquist, C. (2006). Systems of Innovation: Perspectives and Challenges, en Jan Fagerberg, David C. Mower (eds.) *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford University Press.
DOI:10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0007.
- Edquist, C. (ed.) (1997). *Systems of Innovation Technologies, Institutions and Organizations*. Routledge ISBN 9780415516112.
- Fernández-Arias, Eduardo; Stein, Ernesto H.; Crespi, Gustavo, eds. (2014). *¿Cómo repensar el Desarrollo Productivo? Políticas e Instituciones Sólidas para la Transformación Económica*. BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0012587>
- Drucker, Peter F. (1969). *The Age of Discontinuity: Guidelines to Our Changing Society*. Butterworth-Heinemann.
- Drucker, Peter F. (1985). *Innovation and Entrepreneurship*. Harper Collins.
- Dutta, Soumitra; Lanvin, Bruno; Wunsch-Vincent, Sacha (eds.) (2017). *Global Innovation Index 2017, Innovation Feeding the World*. <http://www.wipo.int/publications/es/details.jsp?id=4193>.
- Dyer, Jeff; Gregersen, Hal; Christensen, Clayton M. (2011). *The Innovator's DNA: Mastering the Five Skills of Disruptive Innovators*. Harvard Business Review Press.
- Fagerberg, J., Srholec, M. (2009). Innovation System, technology, and development: unpacking the relationships, en Lundvall et al. (eds) *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries*, Edward Elgar Publishing, https://EconPapers.repec.org/RePEc:elg:eechap:12943_1.
- Foster, Richard; Kaplan, Sarah (2001). Creative Destruction: Why Companies That Are Built to Last Underperform the Market—

- and How to Successfully Transform Them. Random House.
- Freeman, C. (1982) *The Economics of Industrial Innovation*. 2nd Edition, Francis Pinter, London.
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: lesson from Japan*. Pinter Publishers.
- Fu, X. (2015). *China's Path to Innovation*. Cambridge University Press.
- Fu, X., Mckern, B., Chen, J. (2021). Introduction: Chinas Journey to Innovation. En Fu et al. eds. *The Oxford Handbook of China Innovation*. Pages 1-25. *Oxford University Press*.
- Furman, J. L., Porter, M. E. and Stern, S. (2002). Understanding the drivers of national innovative capacity. *Research Policy*, 31, 899–933.
- GEM (2023). *Global Entrepreneurship Monitor 2023/2024 Global Report: 25 Years and Growing*. London: GEM. <https://www.gemconsortium.org/reports/latest-global-report>.
- Gupta, Nayanee; Healey, David W.; Stein, Aliza M.; Shipp, Stephanie S. (2013). *Innovation Policies of South Korea*. INSTITUTE FOR DEFENSE ANALYSES Document D-4984. <https://www.ida.org/idamedia/Corporate/Files/Publications/STPIPubs/ida-d-4984.ashx>.
- Hall, B; J. Mairesse y P. Mohnen (2010): Measuring the Returns to R&D en B.Hall and N. Rosenberg (2010). In *Handbook in Economics of Innovation*, North Holland.
- Hankins, E. , Fuentes, P., Martinescu, L. , Grau, G. Rahim, S. (2023). *The Government AI Readiness Index 2023*. <https://oxfordinsights.com/ai-readiness/ai-readiness-index/>
- Helpman, E. (2004). *The Mystery of Economic Growth*. Harvard University Press.
- Hobday, Michael; Rush, Howard; Bessant, John (2004). Approaching the innovation frontier in Korea: the transition phase to leadership. *Research Policy* 33(10), 1433-1457, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.05.005>.
- Huawei (2023). *Huawei 2023 annual report*. <https://www.huawei.com/en/annual-report/2023>
- Narsalay, R., Brunswicker, S., Bagherzadeh, M., Yu, J. (2017). *Open innovationa at Huawei Technologies*. <https://www.huawei.com/en/annual-report/2023>
- Innosuisse (2014). *Multi-year programme 2025 to 2028 MOVING THE WORLD WITH SWISS INNOVATION*. <https://www.innosuisse.admin.ch/en/multi-year-programme-and-strategic-goals>.
- Isaacson, Walter (2014). *The Innovators: How a Group of Hackers, geniouses, and Geeks Created the Digital Revolution*. Simon & Schuster.
- Iyer. B., and Davenport., T.H. Reverse Engineering Google's Innovation Machine. *Harvard Business Review*, April 2008.
- Jaruzelki, B.; Loehr, J.; Holman, R. (2011). The Global Innovation 1000. Why Culture Is Key. *Strategy+business*, issue 65, Winter 2011.
- Jenkins, C. J., Leicht, K.T., Jaynes, A. (2008). Creating High-Technology Growth: High-Tech Employment Growth in U.S. Metropolitan Areas, 1988–1998. *Social Science Quarterly*, Volume 89, Issue 2, June 2008, pages 456-481. Wiley. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6237.2008.00542.x>.
- Keyu, J. (2023). *The New China Playbook*. Penguin Random House.
- Kao, J. (2007). *Innovation Nation: How America Is Losing Its Innovation Edge, Why It Matters, and What We Can Do to Get It Back*. Free Press
- Livescault, J. (2024). *9 Lessons You Can Learn From Google's Innovation Culture*. <https://www.braineet.com/blog/google-innovation-culture>
- Liu, Xielin (2009), National Innovation Systems in Developing Countries The chinese national innovation system in transition. En Lundvall et al. (eds) *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries*, Edward Elgar Publishing, https://EconPapers.repec.org/RePEc:elg:eechap:12943_5.
- Lundvall, Bengt-Åke, Vang, Jan and Joseph, K J, (2009), Innovation System Research and Developing Countries. En Lundvall et al. (eds.) *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries*, Edward Elgar Publishing, https://EconPapers.repec.org/RePEc:elg:eechap:12943_1.

- Lundvall, B.A. (1992). *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers, London.
- Lundvall, B.A. (2010). *National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning*. Anthem. <https://doi.org/10.7135/UPO9781843318903>
- Lundvall, B.-Å. (2004). Introduction to 'Technological Infrastructure and International Competitiveness' by Christopher Freeman. *Industrial and Corporate Change*, 13(3), 531-539.
- McKinsey (2017). *Digital China: Powering the Economy to Global Competitiveness*. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/global%20themes/china/digital%20china%20powering%20the%20economy%20to%20global%20competitiveness/mgi-digital-china-executive-summary-december-2017.ashx>
- MEIC (2021). *Estado de Situación PYME en Costa Rica 2021 Serie de tiempo 2015-2019*. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. <http://reventazon.meic.go.cr/informacion/estudios/2021/pyme/DIGEPYME-INF-038-2021.pdf>
- MICITT (2008). *Atlas para la Innovación en Costa Rica*. CONARE. https://www.micitt.go.cr/images/innovacion/atlas_para_la_innovacion_en_costa_rica_2007.pdf
- MICITT (2015). *Plan Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación 2015-2021*. San José, MICITT. www.micitt.go.cr
- MICITT (2017a). *Política Nacional de Sociedad y Economía Basadas en el Conocimiento*. <https://www.micitt.go.cr/images/politica-nacional-sociedad-economia-basadas-conocimiento/Politica-Nacional-de-Sociedad-y-Economia-basadas-en-el-Conocimiento.pdf>.
- MICITT (2022a). *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2027*. https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/planes_estrategias/Plan_Nacional_Ciencia_Tecnologia_Innovacion_2022-2027.pdf. ISBN 978-9968-732-86-4
- MICITT (2022b). *Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT) 2022-2027*. <https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/2023-06/Plan-Nacional-de-Desarrollo-de-las-Telecomunicaciones-2022-2027-2.pdf>. ISBN: 978-9968-732-87-1.
- MICITT (2022). *Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación, Costa Rica 2022*. <https://www.micitt.go.cr/micitt/publicaciones/indicadores-de-ciencia-y-tecnologia>. Recuperado el 19 de setiembre de 2024.
- Monge, Ricardo (2016). *Innovation, productivity, and growth in Costa Rica: challenges and opportunities*. IDB Technical Note IDB-TN-920. Inter-American Development Bank, Washington, DC.
- Monge, Ricardo (2023). *La necesidad de políticas públicas para promover la innovación*. La Nación, 27 marzo 2023, pag. 28. <https://www.nacion.com/opinion/columnistas/la-necesidad-de-politicas-publicas-para-promover/76BRFJB3MBGTHMKO5Y3TNTKTAQ/story/>
- Monge, Ricardo (2023b). *Yerros en materia de innovación*. La Nación, 13 abril 2023, pag. 28. <https://www.nacion.com/opinion/columnistas/yerros-en-materia-de-innovacion/EJZXGYCNRA3BLDCSLALVLKL5U/story/>
- Monge, Ricardo (2024a). *Urge una estrategia para aumentar la productividad*. La Nación, 27 abril 2024, pag. 28. <https://www.nacion.com/opinion/columnistas/por-que-es-tan-baja-la-productividad-en-el-pais/3P4AANHL6FAEROQTBREOQJ5TB4/story/>
- Monge, Ricardo (2024b). *Estabilidad fiscal e innovación*. La Nación, , pag. 27, 18 octubre 2024. <https://www.nacion.com/opinion/columnistas/estabilidad-fiscal-y-la-muy-necesaria-innovacion/A4VGNVM54NAV7BOJMGK7W6UTAY/story/>.
- Monge, Ricardo (2020). FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN DE COSTA RICA COMO ELEMENTO CLAVE PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO. Academia de Centro América. <https://www.academiaca.or.cr/serie-vision-para-el-desarrollo/fortalecimiento-del-sistema-nacional-de-innovacion-de-costa-rica-como-elemento-clave>

[para-la-mejora-de-la-productividad-y-el-crecimiento-economico/](#)

- Morales, Mario; León, Angélica (2017). *7 Razones por las que no Despega la Innovación en las Empresas*. <http://queroinnovar.com/wp-content/uploads/2017/12/eBook-7-razones.pdf>.
- Murphree, M., Breznitz, D.. (2021). Global supply chains as drivers of Innovation in China, en Fu et al. eds. *The Oxford Handbook of China Innovation*. Pages 554-572. Oxford University Press.
- NASA (2024). *Technology Readiness Level Definitions*. https://www.nasa.gov/pdf/458490main_TRL_Definitions.pdf. Consultado el 6 de agosto de 2024.
- Nelson, Richard R., ed. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University Press.
- OECD (1999). *Managing National Innovation Systems*. OECD Press, Paris. <https://doi.org/10.1787/9789264189416-en>.
- OECD/Eurostat (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition*, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- OECD (2006). *OECD Reviews of Innovation Policy SWITZERLAND*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/19934211>.
- OECD (2007). *OECD Reviews of Innovation Policy China: Synthesis Report*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264039643-en>.
- OECD (2005b). *Innovation Policy and Performance: a Cross-country Comparison*. OECD Press, Paris.
- OECD (2015a). *The Innovation Imperative: Contributing to Productivity, Growth and Well-Being*. OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264236561-en>.
- OECD (2015b). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en>.
- OECD (2017), *OECD Compendium of Productivity Indicators 2017*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/pdtvy-2017-en>.
- OECD (2017), *OECD Reviews of Innovation Policy: Costa Rica 2017*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264271654-en>.
- OECD (1996). *STI review*. Organisation for Economic Co-operation and Development. ISBN: 9789264147195, 9264147195.
- OCDE (2015). *Manual de Frascati 2015. Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. OECD. https://www.oecd.org/es/publications/manual-de-frascati-2015_9789264310681-es.html.
- Oppenheimer, Andrés (2014). *Crear o morir. La esperanza de Latinoamérica y los cinco secretos de la innovación*. Penguin Random House.
- Orozco, J., Ruiz, K. (2024). Costa Rica: the challenge of diversification in a small-country context, en Amann, E. X Figueiredo (eds.) *Innovation, Competitiveness, and Development in Latin America: Lessons from the Past and Perspectives for the Future*. Oxford University Press.
- Patel, P. (2020). *Leadership and Innovation at Apple Inc*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12573.87526>
- PEN (2014). *Estado de la Ciencias, la Tecnología y la Innovación*. San Jose, Coata Rica. <https://hdl.handle.net/20.500.12337/885>
- Patel, P., Pavitt, K. (1994). *National Innovation Systems: Why They Are Important, and How They Might Be Measured and Compared*. *Economics of Innovation and New Technology*, 3, 77-95. <https://doi.org/10.1080/10438599400000004>.
- Picado Madrigal, C. y Sandí Araya, K. (2023). *Estadísticas de diplomas otorgados por las universidades estatales en el periodo 2018-2022*. CONARE-OPES. <https://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/8613>.
- Podolny, J.M., Hansen, M.T. How Apple Is Organized for Innovation It's about experts leading experts. *Harvard Business Review*, November–December 2020.
- Porter, Michael (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press.

- Rifkin, Jeremy (2014). *The Zero Marginal Cost Society*. Palgrave Macmillan.
- Rivas, Gonzalo; Rovira, Sebastián (eds.) (2014). *Nuevas Instituciones de Innovación: Prácticas y Experiencias en América Latina*. CEPAL. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36797/1/S1420026_es.pdf
- Rogers, D.L. (2016). *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. Columbia Business School Publishing.
- Rubiano, Edgardo (2014). Políticas Públicas y Reformas Institucionales en el Sistema de Innovación de Uruguay. En *Nuevas Instituciones de Innovación: Prácticas y Experiencias en América Latina*. Rivas, Gonzalo; Rovira, Sebastián (eds.). CEPAL. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36797/1/S1420026_es.pdf.
- Satell, Greg (2017). *Mapping Innovation: A Playbook for Navigating a Disruptive Age*. McGraw Hill.
- Schumpeter, Joseph (1942). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. New York: Harper & Row.
- Schwab, Klaus (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.
- Schlossstein, Dominik F.; Reichartshausen, Schloss. (2007). Recent Changes to Korea's Innovation Governance. *Workshop on Institutional Underpinnings of Economic Competitiveness in East Asia*. Germany.
- Simons, Kenneth L.; Walls, Judith, (2019). The U.S. National Innovation System, en V.K. Narayanan and Gina Colarelli O'Connor (eds.) *Encyclopedia of Technology and Innovation*, Wiley, pp. 445-467.
- Singer, Peter L. (2017). *Investing in "Innovation Infrastructure" to Restore U.S. Growth*. Information Technology & Innovation Foundation (ITIF), January 2017. <https://itif.org/publications/2017/01/03/investing-innovation-infrastructure-restore-us-growth>
- Solow, Robert M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39 (3), 312-320. <http://www.jstor.org/stable/1926047>.
- Stoneman, P. (1995). *Handbook of the economics of innovations and technological change*. Blackwell.
- Schwab, K., y Zahidi, S. (2020). *Global competitiveness report: special edition 2020*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/the-global-competitiveness-report-2020/>
- UNESCO (2015). INTERNATIONAL STANDARD CLASSIFICATION OF EDUCATION Fields of education and training 2013 (ISCED-F 2013) – Detailed field descriptions. UNESCO Institute for Statistics. DOI <http://dx.doi.org/10.15220/978-92-9189-179-5-en>.
- Valdivia, Walter D. (2013). *University Start-Ups: Critical for Improving Technology Transfer*. Brookings Institute. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/Valdivia_Tech-Transfer_v29_No-Embargo.pdf
- Von Hippel, E. (1988). *The sources of Innovation*. Brookings Oxford University Press.
- WEF (2015). *Collaborative Innovation Transforming Business, Driving Growth*. World Economic Forum. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Collaborative_Innovation_report_2015.pdf.
- WIPO (2023). *Global Innovation Index 2023 Innovation in the face of uncertainty*. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2023-en-main-report-global-innovation-index-2023-16th-edition.pdf>
- WIPO (2023b). *World Intellectual Property Organization (WIPO) (2022)*. World Intellectual Property Indicators 2022. Geneva. WIPO. DOI:10.34667/tind.47082.
- Williamson, P.J. (2021). Chinese Cost Innovation, the Shanzhai phenomenon, and accelerated innovation. En Fu et al. eds. *The Oxford Handbook of China Innovation*. Pages 539-553. Oxford University Press.
- Xue, L., Li, D., Yu, Z. (2021). China's National and Regional Innovation Systems, en Fu et al. eds. *The Oxford Handbook of China Innovation*. Pages 115-134. Oxford University Press.