CAPÍTULO 10

LA INNOVACIÓN Y SU IMPACTO EN LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y EL CONOCIMIENTO

Marcelo Jenkins Coronas

"El progreso tecnológico es un 'subproducto', un resultado natural de la investigación científica"

Vannevar Bush

La innovación, entendida como el proceso que crea valor a partir de algo nuevo, es una de las claves para el desarrollo de todo país. No es casualidad entonces que 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). La misma se ha convertido en uno de los requisitos clave para avanzar hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento (SIC) en el siglo XXI.

Si aceptamos la premisa de que "*no hay desarrollo sin innovación*" (Rivas y Rovira, 2014), entonces el estudio de la innovación como parte del proceso de desarrollo de un país es un tema clave, y especialmente para aquellas naciones en vías de desarrollo como Costa Rica. Para estos países es una necesidad ineludible el mejorar sus sistemas de innovación para hacerlos más grandes, eficaces y eficientes. Al respecto, y siendo este un país de ingreso medio alto con un gran déficit fiscal, nos queremos plantear dos preguntas primordiales:

- ¿Cuáles deberían ser las políticas públicas impulsadas por el Estado para mejorar el sistema de innovación nacional?
- ¿Cuál debería ser la mejor estrategia para financiar los programas y proyectos que tales políticas promueven?

Con el propósito de proponer algunas respuestas a estas interrogantes, este capítulo hace un análisis profundo del sistema nacional de innovación de Costa Rica, comprando sus componentes, actores, fortalezas y debilidades en relación con otros países. Se hace además una descripción de la importancia de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) en los procesos de innovación modernos y se proponen algunas recomendaciones para mejorar el sistema nacional de innovación, todo con el objetivo de contribuir con el desarrollo del país.

Motivación

Una mirada rápida a los sistemas de innovación 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. Basta tomar el ejemplo de países como Israel, Corea del Sur y Singapur para comprobar que éstos han logrado un gran avance en su prosperidad (pasando así a formar parte primer mundo) a base de sistemas de I+D robustamente financiados que les han permitido generar conocimiento autóctono, el cual sus sistemas nacionales de innovación han convertido en valor económico. Cualquier métrica que se utilice para corroborar esta afirmación, tales como patentes, derechos de autor, producción académica, o artículos científicos, ratifica esta afirmación para estos tres países.

Claramente, en el Siglo XXI la prosperidad de los países está cada vez más ligada a cuan innovadores son: en la era de la sociedad de la información y el conocimiento, más que los insumos tradicionales de producción como lo son el capital, la mano de obra y los recursos naturales, la clave del desarrollo reside en la innovación. Se vuelve entonces necesario comprender qué es la innovación y cómo funciona, y determinar cuál es la mejor manera de fomentarla.

10.1 ¿QUÉ ES LA INNOVACIÓN?

Innovación es "*algo diferente que crea valor*" (Anthony, 2011). El objeto (consumidor) de la innovación es quien define qué significa "diferente". Valor significa algún tipo de resultado medible tal como mayores ganancias, mejor desempeño, mejoras en la calidad de vida, o algún otro.

Una buena definición alternativa de innovación sería *"una solución nueva para un problema importante"* (Satell, 2017). La solución puede ser una invención nueva en su tiempo pero que tal vez hoy vemos como sencilla y cotidiana, como podrían ser el ratón ("*mouse*") de computadora inventado por Douglas Engelbart en 1968 como dispositivo de ayuda en el manejo de interfaces de usuario gráficas, o la Arpanet (la madre de la Internet actual) desarrollada también en 1968 como una red de control distribuido no centralizado para conectar computadoras geográficamente dispersas.

Básicamente, la innovación es *"una nueva forma de hacer las cosas que produce algún valor"* (Porter 1990). En ese sentido, la innovación es una invención que produce valor económico, donde la invención 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). La innovación debe siempre centrarse en el mercado para producir valor (Drucker, 1985).

Por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) ha desarrollado el llamado *Manual de Oslo* (OECD 2005a), donde se define la innovación como *"la implementación de un producto o proceso nuevo o significativamente mejorado, un nuevo método de mercadeo, un nuevo método organizacional de prácticas de negocio, o un esquema organizacional o relaciones externas"*. Es importante mencionar además que la innovación contempla una serie de actividades más allá de la I+D, tales como: cambios organizacionales, capacitación, pruebas y ensayo, mercadeo, y diseño. Entonces, la innovación es *la comercialización exitosa de ideas novedosas, incluidos productos, servicios, procesos y modelos de negocio* (WEF, 2015).

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, 2005a). 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).

Por otro lado, es importante hacer la distinción entre los conceptos de creatividad e invención y el concepto de innovación. Algo puede ser muy creativo, pero si no tiene impacto, no crea innovación (Satell 2017). Por ejemplo, las invenciones de Leonardo Da Vinci en el siglo XXV fueron muy ingeniosas, pero no tuvieron impacto en su época pues algunos artefactos, como el submarino y el helicóptero, no podían ser construidos con la tecnología de esa época. Hubo creatividad e invención, pero no se convirtió en innovación. La innovación involucra necesariamente poner alguna invención en uso (Alfaro, 2011).

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 al menos siete fuentes de oportunidades para la innovación, las que pueden traslapar y sus diferencias no estar muy claras en algunos casos.

1. **Lo inesperado:** el éxito, fracaso o un evento no esperado es algo de lo que más oportunidades de innovación ofrecen. IBM por ejemplo con las computadoras mainframe a finales de los 1940s o con las computadoras personales en los años 1980s cuando los clientes empezaron a jugar video juegos. Eventos externos inesperados pueden también ocurrir en otra industria, como por ejemplo la industria de TIC revolucionó la industria de la música a principios de este siglo. Ahora, si el éxito o el fracaso inesperado no se ve a tiempo puede ser que la competencia "se robe el mandado", por lo que requiere de un análisis detallado para encontrar la causa.

2. **Lo incongruente:** entre la realidad y la suposición. Esto en sí es un síntoma de cambio, y por ende, de innovación. Por ejemplo, cuando se inventó el transporte marítimo por contenedores en los 1950s la productividad de los muelles se multiplicó por cinco como resultado de la separación del proceso de empaquetamiento y el de embarque.

3. **Innovación basada en proceso.** Aparece porque el negocio necesita mejorar su proceso. La digitalización de las telecomunicaciones (alámbrica e inalámbrica) y de la fotografía son dos ejemplos de esto.

4. **Cambios en la estructura de la industria o el mercado.** Estas estructuras tienden a ser como el vidrio: rígidas pero fácilmente quebradizas. La globalización y los tratados de libre comercio son fuentes de este tipo de cambios. La globalización de la industria de servicios de información, incluyendo la informática, es el más claro ejemplo de esto. Además son las empresas *over the top* (OTTs) tales como *Skype* y *WhatsApp* que ofrecen servicios de telecomunicaciones utilizando la infraestructura de las compañías telefónicas tradicionales, forzando a éstas a reorientar sus servicios de una simple compañía de telefonía una organización de mayor valor agregado.

5. **Demografía.** Cambios generacionales en la tasa de natalidad y de mortalidad de una sociedad, la urbanización de los países, la inmigración, las tazas de educación y matrimonio, la incorporación de la mujer a la fuerza laboral, y el advenimiento de grupos étnicos o religiosos dentro de las naciones, pueden generar oportunidades de innovación. Por ejemplo, el crecimiento sorprendente de la comunidad de origen hispano en EE.UU. en los últimos 30 años, que la ha convertido en la minoría más grande en ese país, ha generado una proliferación de medios de comunicación en idioma español, creando una rama completamente nueva de esa industria.

6. **Cambios en la percepción,** que pueden hacer ver un vaso de agua medio lleno o medio vacío. Por ejemplo, la industria del ejercicio y la alimentación sana ha crecido exponencialmente debido a la percepción del deterioro de la salud, cuando en realidad los índices de salud siguen mejorando a nivel mundial. Pero para sacar el mayor provecho de este tipo de innovación se debe llegar de primero al mercado: la elección del momento oportuno para entrar es clave en estos casos.

7. **Nuevo conocimiento, tanto científico como no científico.** Tiene mayor el tiempo de retorno más largo entre la inversión y el resultado, la taza de fracaso más alta, la menor predictibilidad, y proporciona los mayores retos al innovador. *Google* nació como un buscador innovador en 1998, y hoy es una de las empresas TIC más reconocidas del mundo. La impresión 3D fue inventada en los años 1980s, y es hasta ahora, 3 décadas después, que está tomando fuerza. La máquina analítica de Charles Babbage fue inventada y programada por Ada Lovelace en los 1840s, pero tomó más de un siglo de investigación y desarrollo para producir las primeras computadoras funcionales durante los 1940s. La inteligencia artificial fue inventada en 1956, pero no es sino hasta la década del 2010 que ha producido realmente los frutos esperados. La convergencia de productos ha tornado los televisores en computadoras, las computadoras en teléfonos, y los teléfonos en una combinación de las dos anteriores, generando así un negocio sin precedentes para múltiples compañías globales, y una serie de oportunidades de desarrollo de software para millones de programadores en todo el mundo (las llamadas *apps*).

Las innovaciones basadas en una idea brillante (e.g., el bombillo de Edison) tienden a ser más numerosas y exitosas, pero son más riesgosas y menos exitosas. Drucker (1985) estima que no más del 1% de todas las patentes del mundo logran crear suficientes ganancias para recuperar la inversión inicial. Los empresarios deben tener cuidado con este tipo de innovaciones. Leonardo da Vinci no hubiera podido sacar provecho económico de sus patentes del submarino y el helicóptero, pero Edison sí obtuvo beneficios de su invención.

Una receta para la innovación sistemática incluye:

1. Comenzar por analizar las oportunidades. Analizar las siete fuentes de innovación.

2. La innovación es tanto conceptual por perceptiva. El innovador debe ver, preguntar, escuchar.

3. La innovación tiene que ser simple y focalizada. Debería hacer (bien) una sola cosa, sino más bien puede confundir.

4. La innovación efectiva comienza en pequeño y tratar de hacer una sola cosa a la vez.

5. Debe buscar el liderazgo, y no necesariamente crear un gran negocio.

Los innovadores no son tomadores de riesgos. Ellos determinan los riesgos y los confinan (mitigan). No son focalizados en riesgos, sino focalizados en oportunidades.

Es difícil determinar dónde una innovación comienza, dónde termina, y dónde inicia la siguiente. Lo que sí es cierto es que toda innovación está basada en innovaciones anteriores. 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. Por ejemplo, el ratón de computadora (*mouse)* fue inventado por Douglas Engelbart en 1968 con financiamiento del Departamento de Defensa de EE.UU., fue posteriormente perfeccionado y hecho operativo por Xerox en su computadora Alto durante los 1970s, pero no se convirtió en una verdadera innovación hasta 1984 cuando Apple, de la mano de Steve Jobs, introdujo la MaCintosh. Tomó 16 años de trabajo, el financiamiento del gobierno, y dos empresas líderes de tecnología para convertir al pequeño y barato dispositivo llamado *mouse* en una verdadera innovación que hoy todos disfrutamos. Lo interesante de esto es que con el advenimiento de las tabletas, el mouse desapareció y se reemplazó con los dedos del usuario. A veces la innovación no consiste en lo que se agrega, sino en lo que se quita.

Más que un proceso de ingeniería, a menudo el éxito de la innovación se logra mediante la aplicación de una visión clara de qué es lo que se quiere resolver, pues la innovación no es una ocurrencia de una idea brillante, sino el producto de un proceso sistemático de tres grandes pasos: descubrimiento, ingeniería y transformación. Tomemos el ejemplo de los automóviles autónomos:

1. **Descubrimiento del conocimiento:** la investigación es la piedra fundamental de la innovación porque es la manera de generar nuevo conocimiento. La inteligencia artificial, los sensores láser, y reconocimiento de patrones son las tecnologías que han permitido el desarrollo de automóviles autónomos.
2. **Ingeniería de una solución:** consiste en transformar el nuevo conocimiento en una solución viable a algún problema importante, en este caso, integrar las tecnologías en un producto comercializable: el automóvil autónomo.
3. **Su aplicación a una industria para transformarla.** Para que una idea sea innovadora debe tener algún impacto en la sociedad, por lo que debe transformar alguna industria, en este caso, la industria del transporte (público y privado).

Debido a la complejidad y riesgos de este proceso de tres pasos, para obtener éxito e impacto las innovaciones deben desarrollarse en un ecosistema complejo y maduro que permita ejecutar las tres fases.

El descubrimiento es un proceso de combinación de ideas. La teoría de la relatividad de Einstein, la teoría de la evolución de Darwin, y el descubrimiento del ADN por Watson y Crick son ejemplos de ello. Los problemas complejos necesitan necesariamente el aporte de distintas disciplinas, es decir, una combinación de enfoques.

10.1.1 Tipos de innovación

Diferentes autores clasifican los tipos de innovación con distintas taxonomías. Christiensen (1997) enumera tres tipos de innovación:

1. **Innovación disruptiva.** Hay que diseñar el producto con base en el problema a resolver. Veamos, la introducción de la *milk shake* de *MacDonald's* resolvió un problema que nadie había detectado: la necesidad de desayunar en el carro manejando camino al trabajo. Este tipo de innovación crea crecimiento y empleos, y necesita inversión de capital. Las computadoras, sean *main frame*, minicomputadoras, microcomputadoras, o teléfonos inteligentes, requieren de gran desarrollo tecnológico muy intenso en capital. Democratiza el uso de los productos pues los hace accesibles y asequibles, pero tiene una menor tasa de retorno sobre la inversión (TIR)[1] pues genera ganancias a un plazo largo.
2. **Innovación sostenida (incremental):** consiste en sostener y evolucionar un producto ya comercializado. 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 en la empresa, aumentando las

1 La Tasa Interna de Retorno (TIR) es una medida financiera que determina qué tan rentable es una inversión. Esta métrica financiera mide el porcentaje de ganancia de la inversión en un plazo dado.

ganancias y el porcentaje del mercado, pero tiende a crear poco crecimiento neto y no crea mayores empleos. Las grandes empresas de teléfonos celulares inteligentes introducen nuevos modelos con modernas capacidades todo el tiempo, con incrementos significativos de costo para el usuario.

3. **Innovación de eficiencia:** eficiencia significa hacer más con menos. Esto hace el producto más accesible y asequible. 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. *Tesla* está cambiando el mercado de autos eléctricos, *Google* con su auto autónomo está causando disrupción en el mercado de automóviles donde apenas está entrando, *Blackberry* sufrió una gran disrupción por parte de *Apple* que era nueva en el mercado de teléfonos celulares, las "llaves maya" hicieron lo mismo con los fabricantes de discos duros. Este tipo de innovación tiene un mejor TIR pues genera ganancias en un menor tiempo.

Estos tres tipos de innovación se retroalimentaban una a la otra, tal y como muestra la Figura 10.1.

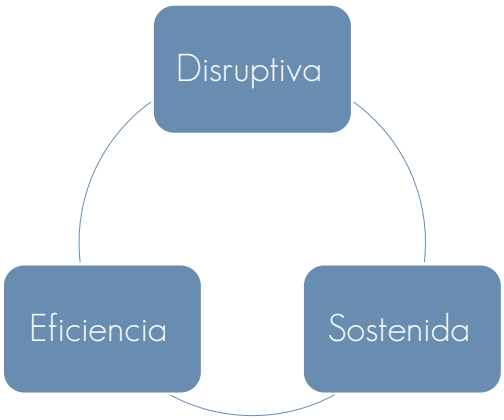

Figura 10.1 Los tres tipos de innovación según

Fuente: Christiensen (1997).

porque crea valor, pero para empresas maduras la búsqueda del crecimiento involucra riesgos abrumadores. El 90% de las empresas de acciones públicas en USA no logran un crecimiento sostenido a través de años por encima del promedio del crecimiento de la economía, y los accionistas castigan a aquellas empresas cuyo crecimiento se estanca, por lo que los gerentes y presidentes deben tomar riesgos para lograr crecimiento, y éstas a menudo resultan en inversiones fallidas. Crear nuevo crecimiento es impredecible pues casi nunca una idea nueva surge suficientemente pulida, por lo que requiere un proceso de refinamiento sucesivo para convertirse en una verdadera innovación. Si este proceso no se entiende bien, muchas ideas podrían perderse.

Por otro lado, (Satell, 2014) propone una matriz de innovación de cuatro cuadrantes para clasificar los tipos de innovación a los que se puede enfocar una empresa, la que se muestra en la Figura 10.2.

Christiensen acuñó el término el "dilema del innovador": ¿Deberían las empresas 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)? Desde el punto de vista de las empresas en una industria, la innovación sostenida está orientada hacia los clientes de alto poder adquisitivo que exigen mejores productos, mientras que la innovación disruptiva trata de entrar al mercado por abajo de la curva ofreciendo productos menores. 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 el dilema del innovador: las innovaciones sostenidas son tan importantes y atractivas que las empresas existentes muchas veces ignoran la innovación disruptiva, hasta que ya es muy tarde (Christiensen, 1997).

En un trabajo posterior (Christiensen, 2003) propone una solución para los innovadores. El crecimiento es importante

Figura 10.2 La matriz de innovación (Satell, 2014)

Fuente: Satell (2014).

1. Investigación básica: se utiliza cuando el propósito es descubrir nuevo conocimiento, y ni el problema ni el dominio están bien definidos. Empresas TIC tales como IBM, Microsoft, Google, Huawei, Samsung y Hewlett Packard invierten grandes cantidades de sus ganancias en investigación básica (hasta el 20% de sus ventas anuales) y algunas de sus invenciones toman años en llegar al mercado. Algunas la hacen con departamentos propios (*Microsoft Research, Google X Group, IBM Watson Research Center*), y a veces en consorcio con la academia. La separación entre la academia que hace mucha investigación pura y la industria que hace más investigación aplicada es a veces un obstáculo.

2. Innovación avanzada: algunas empresas utilizan unidades o departamentos de investigación multidisciplinarios para resolver problemas complejos. La idea es separar la operación normal del negocio de la parte de innovación avanzada, la cual por su carácter exploratorio no es rentable en el corto plazo.

3. Innovación sostenida: toda innovación debe ser mejorada en el tiempo, agregando nueva funcionalidad o mejorando sus características, pero conservando la naturaleza del producto. Las computadoras y los teléfonos inteligentes son un claro ejemplo de esto.

4. Innovación disruptiva: La innovación disruptiva es la forma más transformadora de la industria pues tiene éxito básicamente introduciendo un nuevo modelo de negocio, y esta estrategia es básicamente iterativa. Puede ser mediante el uso de una tecnología existente para un nuevo propósito, es el caso de *Uber* y la industria del transporte.

La Figura 10.3 muestra un ejemplo de la matriz de innovación de Satell aplicada a *Google*. La llamada *Area 120* es una incubadora interna de *Google*. La empresa está activa en los cuatro, y esto explica por qué es actualmente una de las empresas más innovadoras del mundo.

Figura 10.3 La matriz de innovación aplicada a Google

Fuente:Satell (2014).

El proceso de innovación

La innovación no es un proceso lineal que se pueda explicar como una liga entre inversiones y crecimiento, sino que está influenciada por múltiples factores. Aún más, las métricas de innovación sufren de ciertas limitaciones (OECD 2015a). 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.

En esta perspectiva, 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 10.4 (Rivas y Rovira, 2014). La investigación básica genera conocimiento y produce tecnologías que tienen un uso potencial, y la investigación aplicada adapta este conocimiento a aplicaciones reales. El proceso de desarrollo termina definiendo los productos y pasos que serán puestos al mercado 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.

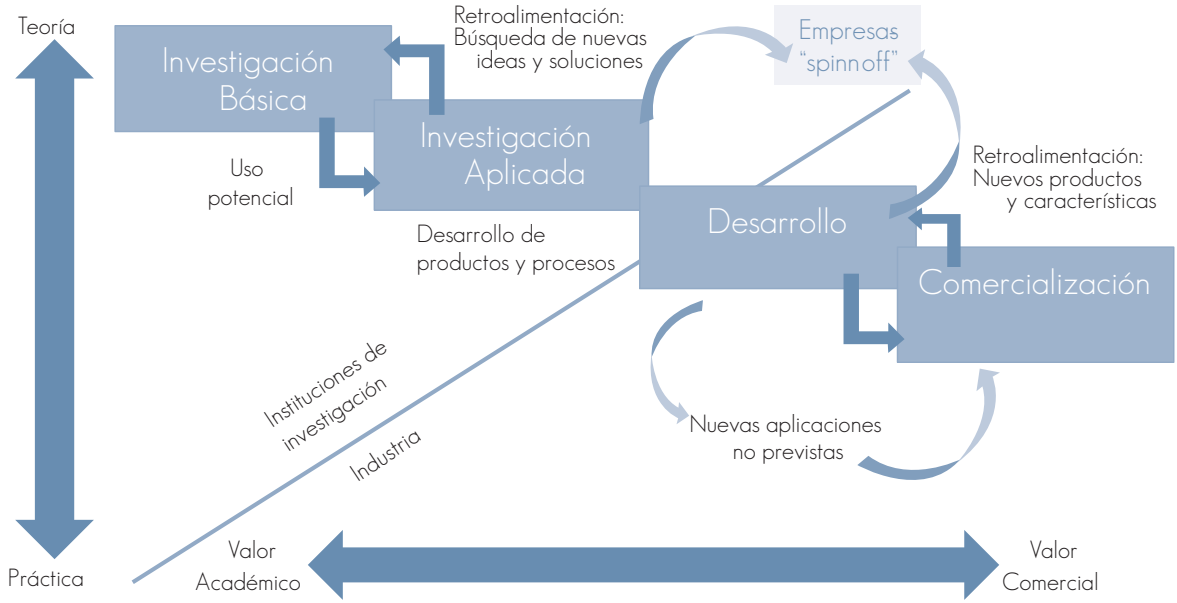

Figura 10.4 Modelo iterativo del proceso de innovación

Fuente: Adaptado de Rivas y Rovira (2014).

El sector productivo, las universidades, centros de investigación y las instituciones gubernamentales se complementan en el proceso de innovación y, en la medida en que se acrecientan sus interacciones, se incrementa el aprendizaje de los agentes involucrados y se desarrollan más capacidades en el sistema (Rivas y Rovira, 2014).

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 10.5, 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.

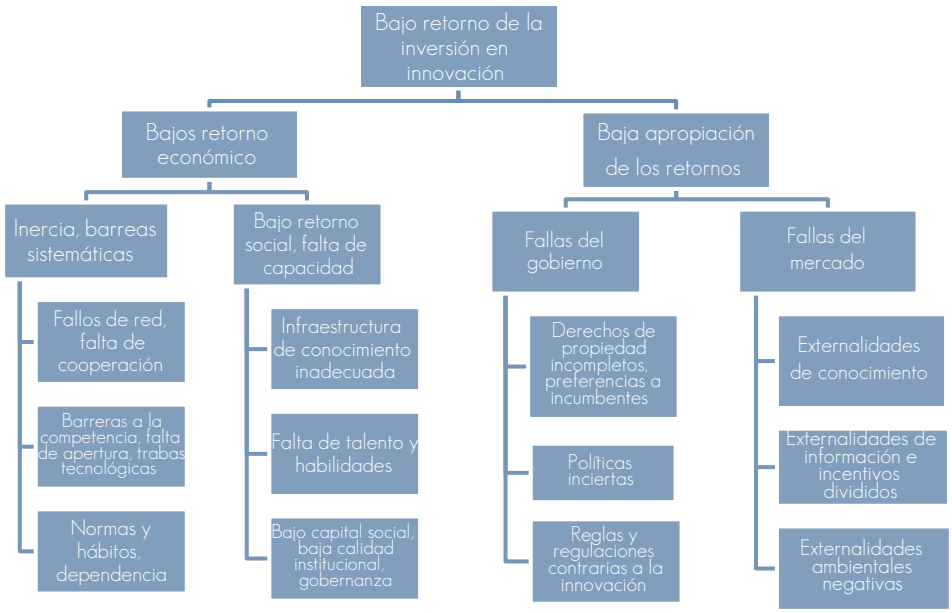

Figura 10.5 Las restricciones a la innovación (OECD 2015a)

Fuente: OECD (2015a).

Al contrario, la innovación florece en ambientes o ecosistemas que tienen:

1. Una fuerza laboral con buenas habilidades y destrezas. Costa Rica la tiene, pero en escasa cuantía. La educación universitaria favorece las ciencias sociales sobre las ciencias básicas e ingenierías, un 69% de los graduados universitarios versus solo 14% según el VII Informe de Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación (Micitt, 2017b), la educación técnica sigue siendo débil y desalineada de las necesidades industriales actuales, y la educación secundaria es de mala calidad (según los resultados de los exámenes PISA 2015 de la OECD donde nos ubicamos en el lugar 63 en matemática y 59 en ciencias de un total de 75 países). El sistema tiene además grandes fugas de estudiantes: el 50% de la población económicamente activa del país no ha terminado la secundaria.

2. Un ambiente sano de negocios que incentiva la inversión en tecnología y capital basado en conocimiento, y que le permite a las empresas crecer y lograr cierto tamaño de escala. El *Doing Business* del Banco Mundial[2] ubica a Costa rica en el lugar 61 de 190 países, siendo nuestra mayor debilidad el proceso de apertura de un negocio (127), el cumplimiento de contratos (131) y la resolución de insolvencia (129).

3. Un sistema fuerte y eficiente de creación y difusión del conocimiento que lo difunda en la sociedad. Para esto se requiere un buen sistema de universidades e instituciones de investigación que estén ligadas a los sectores productivos. También es importante la inversión en infraestructura digital, especialmente redes de banda ancha. En Costa Rica, las universidades privadas casi no hacen I+D, y en las universidades públicas, que representan el 80% de la inversión nacional en I+D y el 85% de la producción científica, la mayoría de los proyectos de investigación no tienen un vínculo externo con el sector productivo.

4. Políticas que impulsan a las empresas a ocuparse de actividades de innovación y emprendimiento para romper con los obstáculos que impiden la innovación. Políticas tales como incentivos fiscales, financiamiento no reembolsable para proyectos de I+D, competencias de innovación, y actividades de formación de redes de cooperación. Costa Rica ha decidido no implementar los incentivos fiscales, pero sí tiene programas públicos e instrumentos específicos para implementar las demás. El problema es que el financiamiento es muy escaso, más allá de la inversión que hacen las universidades públicas a través del Fondo Especial para la Educación Superior (FEES).

Hay que tomar en cuenta que la relación innovación-productividad en países LAC es más compleja con en los países de la OECD. Por ejemplo, en Crespi y Zúñiga (2012b) se describe un estudio de empresas en cinco países de LAC (Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, y Panamá) y encontraron pruebas sobre las relaciones entre entrada y salida de innovación, y salida de innovación y productividad. Utilizando un modelo de función de producción y con datos de 2006 recolectados mediante una encuesta (a 352 empresas en el caso de Costa Rica), hallaron que en estos cinco países sucede lo siguiente:

1. Las empresas que invierten en conocimiento son más capaces de introducir nuevos avances tecnológicos y aquellas empresas que innovan logran una mayor productividad laboral que el resto de las empresas. La brecha de productividad en el sector manufacturero en un país típico de la Unión Europea es del 20%, mientras que el país típico de LAC es del 70%. Por esta razón, América Latina tiene un gran potencial para beneficiarse de la inversión y las políticas que fomentan la innovación.

2. Las empresas que invierten en conocimiento son las que innovan y por eso son más productivas.

3. Los determinantes de la innovación no son los mismos en estos países, y por lo tanto, las políticas y estrategias comerciales diseñadas para enfocarse en la innovación deben tomar en cuenta las especificidades de cada sistema nacional de innovación y del comportamiento innovador de las empresas en cada país.

4. Estos resultados enfatizan la necesidad de implementar políticas públicas más efectivas para aliviar los obstáculos que disuaden a las empresas de invertir en la innovación, y de proveer mejores condiciones de mercado y proporcionar mejores condiciones de mercado y de negocios para que la innovación prospere.

2 http://espanol.doingbusiness.org/rankings

Innovación y emprendimiento

"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". El empresario ve el cambio como la norma, como algo natural y saludable, y la innovación conlleva un proceso de destrucción en el que nuevas empresas se crean y entran al mercado y eventualmente reemplazan a las empresas existentes que entran en declive (Schumpeter 1942): *"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"*.

Por ejemplo, la compañía de comida rápida McDonald´s es un caso claro de empresarialismo: la empresa no inventó nada pues las hamburguesas ya existían en los 1950s, lo que inventó fue una manera rápida y muy económica de hacerlas (el proceso), mejorando así las ganancias y creando nuevos clientes, así como un nuevo modelo de negocios. Además, el fundador Ray Crock reconoció que su empresa no estaba en el negocio de la comida rápida, sino en el negocio de bienes raíces: era más importante la localización de sus restaurantes que el producto o el proceso. Otro ejemplo puede ser Apple, empresa TIC que 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, y creó así nueva demanda por un mejor producto que sus competidores.

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 empresarialismo no es un rasgo de la personalidad, sino más bien un comportamiento que se puede estudiar y aprender. Es además inherentemente riesgoso, pero debe ser sistemático y administrado para ser exitoso. Pero sobretodo, debe estar basado en una innovación con un propósito claro (focalización). El verdadero empresario innova de alguna forma. En otras palabras, la innovación es el instrumento mediante el cual un empresario llega a ser exitoso.

La innovación no tiene que ser técnica. Por ejemplo, la invención del seguro médico y el seguro de vida hecha por los Griegos y Romanos en el siglo VI A.C:, la invención de la Universidad en el Siglo XXIII, la invención del banco en Escocia en el siglo IV, o la invención de las compras en pagos polacos en el siglo XIX, son innovaciones que cambiaron la educación y la economía, y que perduran hoy día en nuestras sociedades. 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 novedoso pueden resultar en un gran negocio, como McDonald´s o la Ipod de Apple.

La innovación abierta y la competitividad

Una nueva forma de innovar y difundir sus beneficios ha surgido, principalmente en la industria TIC, la llamada innovación abierta que está caracterizada por cinco factores:

1. El advenimiento del capital de riesgo en la década de los 1980s.
2. La disponibilidad creciente de una fuerza laboral globalizada y conectada.
3. La erosión de las empresas tradicionales y sus dominios de mercado.
4. La capacidad creciente de los proveedores de servicios.
5. La Internet, que ha conectado al mundo y globalizado el empleo de alta tecnología.

Con la influencia de la comunidad de software libre de la Free Software Foundation (FSF) fundada en los 1980s, empresas TIC tradicionalmente monolíticas y cerradas han abierto y democratizado sus procesos de innovación: empresas tales

como *IBM* con su aplicación de inteligencia artificial Watson, *Microsoft* con la plataforma *Kinect* de videojuegos, *Amazon* con los servicios web de desarrollo llamados Amazon Web Services (AWS), *Apple* con el *Software Development Kit* (SDK) del *iPhone*, *Google* con productos tales como *Google Maps* y *Android*, han abierto sus plataformas y herramientas a grandes comunidades mundiales de desarrolladores y mediante el uso de interfaces de aplicación o APIs, las que permiten mediante interfaces públicas utilizar esas capacidades informáticas. Esto ha creado una comunidad mundial de innovadores TIC que ha propiciado la creación de decenas miles de *startups* en todo el mundo, distribuyendo el riesgo maximizando los recursos, y rompiendo las barreras de entrada al mercado. Algunas de estas *startups* han sido luego adquiridas cuando muestran potencial innovador, o se convierten en empresas de propiedad públicas al cotizar en bolsas de valores.

Si analizamos las cinco fuerzas de la teoría de ventaja competitiva de Porter (Figura 10.6), vemos que la innovación abierta ha cambiado el panorama competitivo de las empresas. (Porter, 1990) argumenta que para lograr ventaja competitiva, una empresa debe minimizar las amenazas de los nuevos entrantes y los sustitutos, y maximizar el poder de negociación con proveedores y clientes. Claramente, el juego ha cambiado pues estas empresas ahora más bien apoyan la creación de nuevos entrantes mediante la apertura de sus plataformas a grandes ecosistemas mundiales de talento que generan gran cantidad de innovaciones a un costo mínimo y un bajo riesgo.

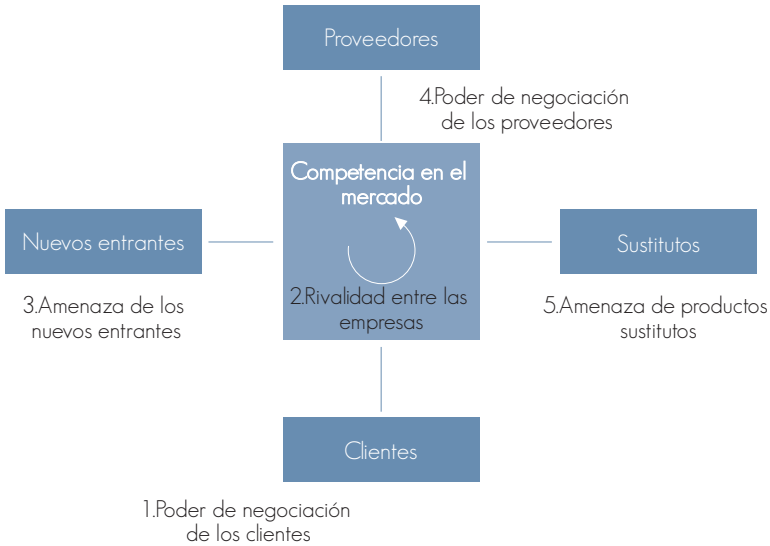

Figura 10.6 Las cinco fuerzas competitivas.

Fuente: Porter (1990).

La innovación abierta ha cambiado el paradigma de competencia en la industria TIC. Esta democratización de la innovación tiene un doble beneficio: por un lado incentiva el empresarialismo, y por otro lado crea más negocios para los existentes pues los nuevos emprendimientos utilizan su tecnología. Parece un modelo ganar-ganar donde la innovación abierta ya no es solo un objetivo sino una realidad. La mayoría de las grandes corporaciones ahora tienen algún modelo de incubadora de tecnología híbrida para aprovechar las alianzas con empresas nuevas y ágiles, o para generar nuevas *startups* (WEF, 2016). La escala de inversiones y los modelos mismos varían significativamente, pero cuando se combina con el rápido aumento en el número de incubadoras y aceleradores existe claramente un ecosistema mucho más rico para las empresas. Solo la ciudad de Londres en el Reino Unido por ejemplo tiene 70 de estas incubadoras.

10.1.2 La innovación en las empresas

Algunos expertos afirman que la unidad de innovación dentro de una empresa debe estar separada de la parte gerencial y operativa ya que ésta última está encargada de explotar lo que ya existe, mientras que la primera debe inventar algo nuevo (Drucker, 1969). La organización gerencial puede modificar, extender y mejorar los productos, pero no puede innovar. La organización innovadora, por otro lado, requiere una estructura diferente que implementa relaciones personales diferentes. Requiere una disposición de equipo con altos grados de flexibilidad, en vez de un orden de control y comando estático. Una organización de innovación no puede apuntar muy bajo. Toma mucho ingenio crear algo completamente diferente. Esta debe focalizar su conocimiento, inteligencia, esfuerzo a un objetivo específico.

(Bettencourt y Ulwick, 2013) argumenta por otro lado que los clientes "contratan" un producto o un servicio para realizar algún trabajo, y todo trabajo es un proceso y como tal está compuesto de tareas o pasos que se deben ejecutar para realizarlo. Una empresa que desea innovar, debe analizar para cada trabajo cuáles son los pasos que puede mejorar para hacerlos más fácil, rápido o innecesarios del todo. A esto lo llaman mapeo del trabajo. Mediante la búsqueda de mejores entradas, maneras más eficientes de ejecutar los pasos (o eliminar pasos del todo), y mejorar la confiabilidad y variabilidad del proceso, las empresa pueden descubrir oportunidades de innovación que le pueden proporcionar alguna ventaja competitiva.

Ahora, la innovación no ocurre aleatoriamente, sino que sigue ciertos patrones que pueden ayudar a las empresas a ser exitosas en la innovación (Anthony, 2011). La innovación es más importante y más accesible que nunca antes, e involucra a todos. Debemos lidiar con la innovación. En las últimas décadas la vida útil de una compañía se ha disminuido a la mitad, por lo que en nuestros días la innovación no es una alternativa sino una imperativa: empresas que no la aceptan estarán dando sus primeros pasos hacia su propia destrucción, la destrucción creativa de Schumpeter.

La innovación es más accesible que nunca pues los gurús mundiales de esta han documentado como llevarla a cabo, puede ser hecha hoy en día de manera muy barata, y los rasgos de innovadores exitosos están siendo cada vez mejor entendidos. Un innovador exitoso es aquella persona buena para el pensamiento asociativo, esto es, personas capaces de hacer conexiones entre cosas supuestamente des conexas. Esto lo hace preguntando inquietudes complicadas, interactuando con otras personas con diferentes formaciones, observando el mundo, y experimentando nuevas cosas.

La innovación se puede caracterizar según su estrategia: mercadear mejor un producto, mejorar incrementalmente un producto o servicio, introducir un mejor desempeño en alguna categoría de productos, o crear una nueva categoría de productos. Otra manera sería ver los tipos de innovación: nuevos productos, nuevas formas de distribuir productos, nuevos modelos de ganancias, nuevos procesos.

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.

Según Porter, la sostenibilidad de la ventaja competitiva depende de tres condiciones:

1. La fuente particular de la ventaja. Puede ser por bajos costos de mano de obra o insumos, pero esto tiende a ser muy volátil pues son fácilmente copiables por la competencia. En cambio, si son ventajas tales como infraestructura física y tecnológica, inversión en R&D, esto crea una serie de activos en forma de reputación de marca, relación con los clientes, y un conjunto de conocimiento muy especializado que son difíciles de replicar.
2. El número de diferentes fuentes de ventaja que posee la empresa. Las empresas exitosas a través del tiempo tienden a proliferar en ventajas a través de su cadena de valor.
3. El constante mejoramiento y actualización de los productos y servicios. Cualquier ventaja puede llegar a ser superada por la competencia si la empresa "se duerme en sus laureles". Así pues, innovando la empresa debe crear nuevas ventajas todo el tiempo conforme la competencia supera las anteriores.

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.

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 10.7:

1. 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.

2. 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.

3. Transformacional: puede crear nuevos mercados, cambiar las reglas del comercio, crear gran cantidad de valor, vencer competidores, e inspirar a nuevas generaciones. Este tipo de innovación, usualmente concebida por la alta gerencia, no es el resultado simplemente de mejorar productos, sino de repensar la forma de hacerlos y destruir el orden establecido en el comercio. Por eso 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.

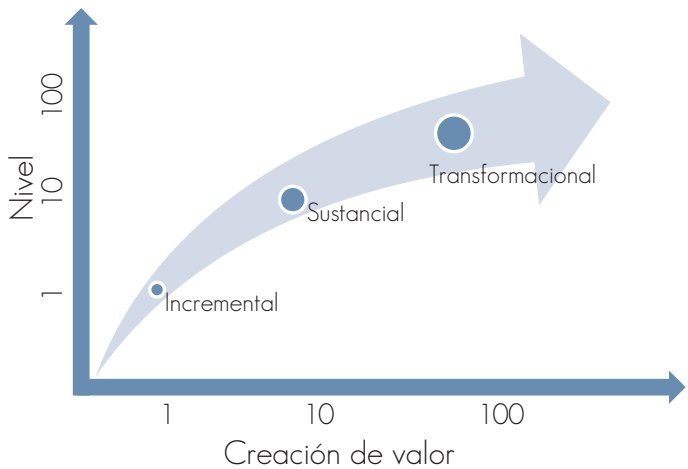

Figura 10.7 Los niveles de innovación empresarial según Foster

Fuente: Foster y Kaplan (2001).

Cada nivel de innovación requiere un proceso de gestión diferente, por lo que gestionar adecuadamente los procesos de innovación en una empresa es imposible sin entender estos tres niveles y sus diferencias.

Este mismo concepto es reforzado por (Bosch, 2017) que propone que una empresa se desenvuelve en tres ecosistemas paralelos, tal y como muestra la Figura 10.8:

1. Innovación: se concentra en identificar nuevas funcionalidades, conceptos e ideas que tengan algún valor para el cliente. Es primordialmente exploratorio, colaborativo, anuente al riesgo y poco controlado.

2. Diferenciación: se concentra en maximizar las características (funcionalidades) que los clientes consideran diferenciadoras. Estas diferencias son temporales (desde días incluso años) hasta que se mercantilizan, es decir, se vuelven comunes entre competidores. Es primordialmente competitivo, gestionado internamente, medido por su efectividad, renuente al riesgo y altamente controlado.

3. Mercancía: se concentra en la funcionalidad que es requerida para que el producto funcione los clientes lo compren, pero que no representa la diferenciación del mismo, por lo que la empresa quiere proporcionarlo al costo más bajo posible. Es primordialmente focalizado en costos, colaborativo, renuente al riesgo y medianamente controlado.

Las empresas deben comprender bien este modelo para poder competir exitosamente. Deben saber qué funcionalidad de su producto o servicio está en cada nivel y administrarlo consecuentemente pues la estrategia y las métricas de éxito para cada uno puede ser diferente. Por ejemplo, en innovación puede ser con consorcios con socios, mientras que en mercancías puede ser solo la empresa. Lo que es importante es que tan exitosa es una empresa en gestionar la transición de un nivel a otro. En el largo plazo, los productos (mercancías) pierden competitividad en el mercado, por lo que los esfuerzos de I+D deben ser dirigidos en el nivel más alto hacia nueva funcionalidad que logre la diferenciación.

Figura 10.8 Los tres niveles de innovación de productos

Fuente: Bosch (2017).

La cultura de innovación

Las empresas innovadoras reúnen una serie de elementos que las hacen innovadoras, entre ellos los siguientes (Jaruzelki y Loehr, 2010):

1. Una estrategia de innovación bien enfocada
2. Una estrategia comercial sólida.
3. Un conocimiento profundo del cliente
4. Un gran talento humano y el conjunto adecuado de capacidades para lograr ejecución exitosa.

Pero una clave aún más importante para el éxito en innovación que cualquiera de los elementos individuales es sin embargo el papel desempeñado por la cultura empresarial. La cultura en este caso entendida como los patrones auto sostenibles de comportamiento, sentimiento, creencias de un grupo de personas. Por ejemplo, (Oppenheimmer 2014) asegura que la cultura de colaboración, de tomar riesgos y de no temerle al fracaso, más que ningún otro factor, es la razón principal del éxito de *Sillicon Valley* como el clúster de TIC más innovador del mundo. Es importante el papel desempeñado en una cultura donde el éxito comercial se valora sobre todo: se tiene un alto respeto por el espíritu emprendedor, y no se castiga el fracaso.

La innovación colaborativa es cuando una empresa joven y una empresa establecida, posiblemente una corporación dueña de una buen porcentaje del mercado, colaboran entre ellas compartiendo recursos complementarios y combinando esfuerzos para apoyar ideas innovadoras. Esta colaboración puede crear valor para ambas partes, así como para las economías en las que se llevan a cabo tales colaboraciones (WEF, 2015). Las empresas nuevas son más pequeñas pero más flexibles, son más imaginativas, tienen costos de operación menores y están más cerca de las universidades. Las empresas grandes existentes en un mercado con gran capacidad de inversión y un mercado establecido, vasta experiencia en I+D y su estructura de costos les permiten diluir los costos de la I+D. Grandes empresas TIC tales como *Google*, *Intel* y Samsung practican este tipo de innovación a través de sus centros de incubación de startups.

Sin embargo, de acuerdo con los resultados del estudio *Global Innovation 1000* de 2010 (Jaruzelki, Loehr y Holman, 2010), solo la mitad de las empresas dicen que su cultura corporativa apoya robustamente su estrategia de innovación, y la misma proporción de empresas afirma que su estrategia de innovación está desalineada con su estrategia corporativa.

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 grandes 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.

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 10.1 presenta una adaptación de este marco de trabajo que incluye un análisis de cómo está Costa Rica en cada uno de ellos.

Tabla 10.1 Marco de trabajo de la OECD para programas de innovación.

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.
		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 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	Media. 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 ISEF Challenge. Existen a nivel privado competencias de innovación (Yo Emprendedor, Grupo Cuesta de Moras).
		Iniciativas de educación formal (cursos, curricula nueva)	Bajo: el empresarialismo se enseña en algunas escuelas de negocios de universidades. No es un tema transversal de 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.
	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.
		Oportunidades de capacitación, conferencias y talleres de concientización, incentivos financieros	Bajo: escazas oportunidades de capacitación. No hay incentivos financieros.
Lugares de trabajo	Academia (investigadores, doctorandos, post doctorandos)	Oportunidades de capacitación (propiedad intelectual, startups), conferencias y talleres de concientización	Bajo: escazas oportunidades de capacitación.
		Apoyo a la comercialización de productos de investigación (esquemas de remuneración, criterios de desempeño y promoción, doctorados industriales)	Medio: existen oficinas de comercialización en las universidades públicas. Hay criterios de remuneración y promoción bien definidos.
	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: existe el portal nacional de innovación (innovacion.cr). Las universidades y el Micitt ofrecen capacitación amplia en los temas. El alcance podría ser mayor.

Fuente: adaptado de OECD (2015a).

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.

Ranking de 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[3]. 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. Facebook, por ejemplo, ocuparía el primer lugar en la lista si solo usamos los datos desde que se publicaron. 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.

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).

La Tabla 10.2 resume las 25 empresas más innovadoras 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 aún 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.

Pero las compañías no innovan en el vacío, sino que viven en un ecosistema que las impulsa a innovar y les brinda las facilidades para hacerlo. Según (Porter, 1990), una economía basada en la innovación tiene cuatro componentes determinantes para el éxito innovador de sus empresas:

1. Ciertos factores avanzados y especializados son creados y actualizados.
2. Las industrias de apoyo son bien desarrolladas.
3. La demanda es sofisticada y las empresas se internacionalizan.
4. La estrategia, estructura y competencia les permite a las empresas desarrollar estrategias globales.

La Figura 10.9 describe el "diamante de Porter" con sus cuatro componentes arriba mencionados. La estructura de las empresas les permite definir estrategias globales, mientras que la demanda sofisticada de productos y servicios por parte de sus clientes se convierte en un incentivo a innovar. Las industrias y proveedores relacionados están bien desarrollados y son capaces de proveer complementariedades importantes, y todo esto permite crear una serie de factores particulares que le brinda a estas empresas una ventaja competitiva.

3 https://www.forbes.com/innovative-companies.

Tabla 10.2 Las 25 empresas más innovadoras del mundo

Ranking	Empresa	País	Incremento en 2016 en ventas anuales	Bono de innovación
1	Salesforce.com	Estados Unidos	25,87%	82,46%
2	Tesla	Estados Unidos	73,01%	78,43%
3	Amazon.com	Estados Unidos	27,08%	72,78%
4	Shanghai RAAS Blood Products	China	15,27%	71,72%
5	Netflix	Estados Unidos	30,26%	71,54%
6	Incyte	Estados Unidos	46,70%	70,91%
7	Hindustan Unilever	India	3,03%	68,59%
8	Asian Paints	India	7,19%	68,28%
9	Naver	Corea del Sur	23,62%	65,85%
10	Regeneron Pharmaceuticals	Estados Unidos	18,44%	64,40%
11	Unilever Indonesia	Indonesia	9,78%	63,65%
12	BioMarin Pharmaceutical	Estados Unidos	27,18%	63,57%
13	Monster Beverage	Estados Unidos	13,45%	63,16%
14	Adobe Systems	Estados Unidos	23,14%	62,75%
15	Autodesk	Estados Unidos	-17,96%	62,39%
16	Amorepacific	Corea del Sur	18,44%	61,53%
17	Vertex Pharmaceuticals	Estados Unidos	64,89%	61,41%
18	Illumina	Estados Unidos	8,05%	58,97%
19	Marriott International	Estados Unidos	17,93%	58,46%
20	Alexion Pharmaceuticals	Estados Unidos	21,12%	58,46%
21	CP All	Tailandia	10,95%	57,82%
22	Constellation Software	Canadá	19,72%	57,62%
23	Red Hat	Estados Unidos	17,52%	57,38%
24	Tencent Holdings	China	39.92%	57.29%
25	FleetCor Technologies	Estados Unidos	7.56%	56.85%

Fuente: https://www.forbes.com/innovative-companies

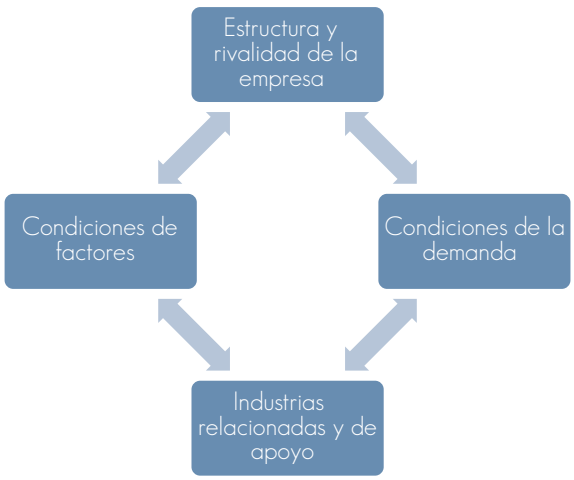

Figura 10.9 Diamante de un ecosistema de innovación

Fuente: Porter (1990).

En una economía basada en la innovación, las empresas no solo se apropian y mejoran la tecnología y los métodos de otras naciones, sino que también las mejoran y crean las suyas propias. Las firmas nacionales mejoran el estado del arte de la tecnología, el mercadeo, y los procesos. La presencia de los cuatro componentes del diamante permite a las empresas innovar constantemente, lo que a su vez crea una cultura de empresarialismo innovador que crea nuevas industrias. Este es el caso de países como Corea de Sur, Singapur e Israel.

Una posición internacional creciente en servicios sofisticados (tales como mercadeo, ingeniería, y pruebas) es también una característica de una economía basada en la innovación pues estos servicios requieren de una mano de obra calificada cuyo trabajo se basa en el conocimiento.

En las economías basadas en la innovación el papel del estado cambia considerablemente y debe concentrarse en aspectos tales como crear una demanda más sofisticada, fomentar la creación de nuevas empresas, y asegurar la competencia. La prosperidad de una nación es mayor porque obtiene mayores grados de productividad en una economía basada en la innovación, creando así mayor riqueza por unidad de recursos invertida (Porter, 1990). Este es el caso de países como Alemania, Corea del Sur, Estados Unidos y el Reino Unido.

Analicemos 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, esto 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 transnacionales que componen este sector se sitúan en zonas francas, estas empresas tiene 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.

I+D, innovación, y crecimiento económico

Iniciando con el trabajo pionero de Robert Solow (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 OCDE concluyen que la inversión en I+D es la causa principal del 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).

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. Aún 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.

La importancia de esto es que una alta productividad genera crecimiento económico y una mayor competitividad, y con ello eleva el nivel de vida de los habitantes. Es por esto que la competitividad es una de las mayores preocupaciones de todo gobierno porque la prosperidad de una nación depende en gran parte de su habilidad para obtener y mantener altos grados de productividad en aquellas industrias donde sus empresas compiten (Porter, 1990). Porter propone preguntarse: *"¿cuál es la razón de que las empresas de algunas naciones son más competitivas en el mercado mundial, y algunas logran sostener esa ventaja competitiva durante largos periodos de tiempo?"*.

Factores tales como la intervención gubernamental, el estilo o cultura administrativa, la relaciones entre los trabajadores y la gerencia (incluyendo la influencia de sindicatos), el régimen cambiario, el bajo costo de la mano de obra, y la abundancia de recursos naturales, explican la prosperidad de diferentes naciones. Pero ninguno de estos factores explica por sí mismo la competitividad de una empresa o una nación, y para cada uno de ellos hay ejemplos y contraejemplos. La competitividad, en cambio, está determinada según Porter 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), e **I** es el valor monetario de los insumos (mano de obra, capital, recursos naturales) invertidos para producirlos. Esta razón permite determinar qué tan eficiente es la producción de valor con respecto a los insumos invertidos.

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 10.10 compara la productividad de Costa Rica contra países miembros de la OECD (34), la Unión Europea (28), el G7 (7) y los Estados Unidos. En él se muestra la tendencia de crecimiento de la misma desde el 2010.

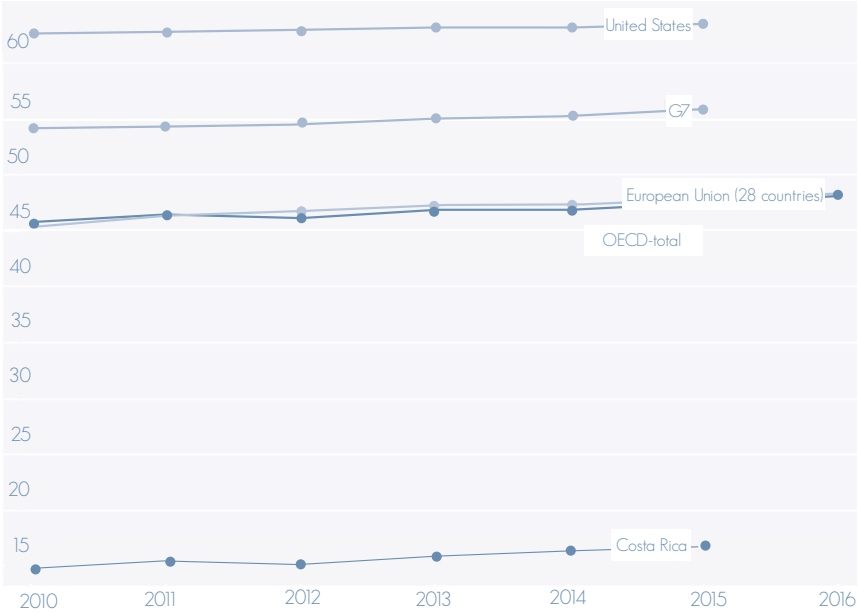

Figura 10.10 Mediciones de productividad de la OECD de 2010 a 2015

Fuente: http://stats.oecd.org

En el año 2015, el valor económico promedio producido por hora trabajada en Costa Rica fue de $16,24, mientras que en la Unión Europea fue de $47,29, en los 34 países de la OECD fue de $46,93, en los países del G7 es de $55,11, y en Estados Unidos es de $62,89. Esto quiere decir que la productividad en Costa Rica es apenas la tercera parte del promedio de los países de la OECD y solo la cuarta parte de la productividad de EE.UU. Lo único bueno es que Costa Rica ha incrementado su productividad en un mayor ritmo desde 2010 que estos países (un 15% contra un 4% en la OECD y un 1,8% de Estados Unidos). Hay entonces que determinar por qué y seguir implementando las políticas que han logrado este crecimiento.

Por casi medio siglo economistas en países desarrollados han desplegado diversos métodos para estimar la tasa de retorno social[4]de las inversiones en innovación, con particular foco en las inversiones en I+D (Crespi y Tacsir, 2012a). En el caso de países en vías desarrollo la evidencia es mucho más limitada en particular debido a la falta de información. Por ejemplo, en el caso de Chile donde la información resulta adecuada para este tipo de ejercicios, se reportan tasas de retorno privadas cercanas al 30% para la inversión en I+D, siendo estas tasas sustancialmente mayores que las tasas de retorno a la inversión física (17%).

Se sabe que la tasa de retorno social tiende a ser más alta que los costos de oportunidad de no haber dedicado los recursos o de invertirlos en otra cosa, por ejemplo, en infraestructura física. 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. La tasa de retorno social de las inversiones en I+D en LAC oscilan entre 33% y 56%, aunque en el caso costarricense se ha estimado una tasa cercana al 40% (Crespi, 2010), mientras que (Monge, 2016) la estima en 34%, esto comparada con un 6% de la inversión en infraestructura física. Se sabe además que mientras más alejado de la frontera tecnológica se encuentre un país, más alta es la tasa de retorno social de las inversiones en I+D, lo que agrega más peso al argumento de invertir más recursos en ella. Estimaciones sobre el nivel óptimo viable de inversión en I+D

4 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.

que el país 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.

En el caso de Costa Rica, las empresas de más rápido crecimiento son las que son más productivas. Desafortunadamente, este es un grupo muy pequeño Existe una amplia dispersión en la productividad de Costa Rica empresas, tanto entre sectores como entre empresas de diferentes tamaños (las empresas más pequeñas muestran una menor productividad y una mayor dispersión en la productividad). La baja capacidad de innovación de las empresas costarricenses explica la baja productividad y esto a su vez explica el bajo nivel de crecimiento. Lograr altas tasas sostenidas de crecimiento económico depende no solo de la acumulación de factores de producción (consumir más insumos de producción), sino también de incorporación de la tecnología y el conocimiento en los procesos de producción-innovación (Monge, 2016).

Dado el alto peso relativo de las pymes en la economía costarricense (94% del parque empresarial), es importante apoyar su crecimiento en productividad, especialmente en el caso de aquellas con alto potencial de crecimiento. Esto sería un mecanismo para aumentar la productividad de la economía en su conjunto, y las políticas públicas tienen un papel muy importante en este esfuerzo.

La evidencia apoya la tesis de que la innovación es el motor del crecimiento económico, especialmente a largo plazo. Pero así como crea empleos, también puede destruirlos. Por esta razón se requieren políticas nacionales de reasignación de empleos y capacitación de la población (OECD, 2015a).

La contribución de la innovación al crecimiento se puede clasificar en tres grupos:

1. Inversiones de capital en hardware, maquinaria y equipo tecnológico.
2. Inversiones en capital intangible, tales como conocimiento, software, datos.
3. Contribución al crecimiento de la productividad multi-factor, reflejadas en una mejor eficiencia en el uso de la mano de obra y el capital.

Según la OECD, la innovación puede representar hasta el 50% del crecimiento sostenido de los países de esa organización, razón por la cual estos cada vez enfatizan la productividad basada en la innovación como la fuente principal de crecimiento económico. Más aún, la innovación juega un papel importante en el crecimiento inclusivo y aquí la política nacional juega un papel importante. Por ejemplo, algunas políticas podrían favorecer a los existentes sobre los nuevos.

En el caso de Costa Rica, un salto hacia niveles más altos de desarrollo humano solo es posible si el país modifica su actual estilo de crecimiento basado en la acumulación de capital físico y humano y en mejoras marginales en la eficiencia de los procesos operativos (PEN 2014). Es indispensable lograr un aumento sustantivo y generalizado en la productividad mediante una mayor apropiación (creación y transferencia) del conocimiento tecnológico. Ello ocurriría como resultado de una mayor inversión en I+D y de procesos de innovación que permitan producir más con los mismos recursos (mano de obra, capital, y recursos naturales) o incluso menos insumos (Monge, 2016).

Un buen catalizador para transferir la innovación endógena hacia los sectores productivos son las oficinas de transferencia tecnológica de las universidades públicas, tales como Proinnova de la Universidad de Costa Rica (UCR), creadas para ayudar a los investigadores a patentar y proteger los derechos de autor y los diseños industriales de sus innovaciones, y aplicar los resultados de su investigación al sector productivo mediante alianzas con empresas o mediante la creación de nuevas empresas (*startups*). Proinnova analiza unos 15 casos anuales de productos de I+D innovadores con potencial comercial que podrían ser protegidos como es propiedad intelectual. El costo de hacerlo puede rondar los $2.000 en Costa Rica, pero puede aumentar a más de $10.000 si se hace internacionalmente a través del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT) de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI). El obstáculo principal para tener más patentes es la falta de reglamentación uniforme en toda la UCR y el desconocimiento por parte de los investigadores sobre qué es un producto patentable (L. Rojas, comunicación personal, 7 de diciembre del 2017).

Un ejemplo reciente de transferencia tecnológica es la plataforma TitiBots[5]. Desarrollada como producto de una tesis doctoral de la Dra. Kryscia Ramírez para enseñar a programar a niños de entre cuatro y seis años, y realizada en el marco de un proyecto de investigación del Centro de Investigación en Tecnologías de Información y Comunicación (Citic) de la UCR, esta innovación fue recientemente protegida como un diseño industrial y a la Fundación Omar Dengo le fue otorgada una licencia de uso gratuita e ilimitada para llevarla a las escuela públicas del país. Además, su autora ha creado una empresa para comercializar la innovación, la que está siendo incubada en la Agencia Universitaria para la Gestión del Emprendimiento (AUGE) de la UCR, una unidad especializada en la creación y aceleración de empresas y entidades intensivas en conocimiento, fundada en 2012 y adscrita a la Vicerrectoría de Investigación, y operando con el apoyo financiero y logístico de Fundación UCR (Fundevi). La Figura 10.11 describe el proceso de cuatro pasos por los que pasan las iniciativas hasta convertirse en empresas viables, con los números que ha gestionado AUGE desde 2013.

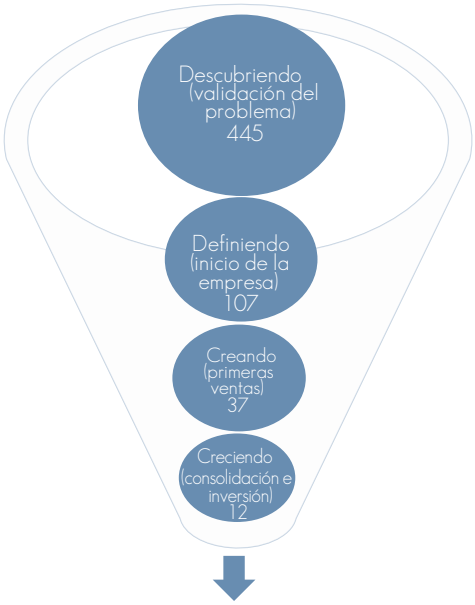

Figura 10.11 Proceso de incubación de AUGE

Fuente: elaboración propia con datos de AUGE (2017).

La clave de los países desarrollados, y la razón por la que la protección de la propiedad intelectual es tan importante, es que se patentan y protegen las invenciones por su gran potencial comercial. Como grandes inversoras en I+D, las universidades han estado muy activas en el negocio de patentar su investigación. La Tabla 10.3 muestra las primeras 25 universidades del mundo en número de patentes otorgadas en el 2014[6]. Algunas universidades canalizan sus patentes a través de empresas de capital de riesgo que las licencian a empresas. Sin embargo, se estima que menos del 5% de las patentes otorgadas a universidades se comercializan exitosamente y retornan al menos el valor de la inversión, al punto de que el 87% de las universidades terminan perdiendo dinero en el proceso (Valdivia, 2013).

Desde el punto de vista de la política pública, la premisa fundamental detrás de las políticas de innovación es que si el retorno de la producción y/o el intercambio de conocimiento resulta inferior para los actores privados que para la sociedad, es necesaria la intervención del gobierno atento a que los empresarios, por su cuenta, habrán de invertir niveles más bajos que los deseables o potenciales para la sociedad como un todo. Hay evidencia significativa de una relación sólida entre los gastos en I+D y la productividad de un país, así como entre gasto en I+D y el PIB per cápita.

Los resultados indican que las tasas de retorno privadas de las innovaciones de producto y de proceso son bastantes similares oscilando en valores cercanos al 30%. Donde existen diferencias importantes, sin embargo, es en relación a los retornos sociales. En efecto, mientras los retornos sociales y privados son similares en el caso de las innovaciones de proceso – algo que sugiere la existencia de pocas externalidades en el caso de este tipo de innovación – se aprecian importantes externalidades en materia de innovaciones de producto. En otras palabras, mientras el retorno privado de la innovación de producto asciende al 30%, su retorno social llega al 60%. Es decir, existe un premio que las sociedades de LAC estarían dispuestas a pagar por contar con una mayor cantidad de productos nuevos, es decir con una mayor diversificación productiva. Sin duda, este es el lugar que deben enfocar las políticas públicas.

Es claro que los países de LAC presentan una brecha de inversión en innovación. Si bien esto por sí mismo no es suficiente para preocuparse, el hecho de que esta baja inversión co-exista con retornos sociales de alrededor del 30% al 60% de estas inversiones, es un factor que claramente induce a pensar que se están sacrificando oportunidades importantes de inversión las que podrían tener un impacto cierto en la productividad de las economías de la región. En este sentido el espacio para la políticas públicas aparece cuando existen proyectos con altas tasas de retornos sociales pero que, debido a ciertos fallos de mercados, éstas no se reflejan en las tasas de retornos privadas, generando una inversión privada en innovación que resulta menor que la socialmente esperada. Las políticas públicas deben entonces ser orientadas a intervenir en el sector para corregir estas fallas de mercado.

5 http://citic.ucr.ac.cr/noticias/dra-kryscia-ramirez-presenta-proyecto-titibots-feria-realizada-casa-presidencial

6 http://www.academyofinventors.org/pdf/NAI-IPO-Top-100-Universities-2014.pdf

10.1.3 Importancia de la I+D y la innovación

La evidencia demuestra que en EE.UU. la inversión en I+D representa aproximadamente el 40% del aumento de la productividad desde el fin de la segunda guerra mundial (Crespi, Fernández y Stein, 2014). En América Latina, las tasas anuales de crecimiento de la productividad desde esa época a la fecha son considerablemente inferiores a EE.UU. y a los países de la OECD. Precisamente el bajo crecimiento de la productividad en la última década es uno de los mayores dolores de cabeza para los países de la región. Esto ha causado un crecimiento económico magro en la mayoría de estas economías, con la consecuente pérdida de competitividad. En el periodo 1960-2010 la productividad de los países de la OECD ha crecido ligeramente por abajo del crecimiento de EE.UU., mientras que en LAC la brecha con EE.UU. se ha ampliado en vez de cerrarse (Crespi et al., 2014).

Tabla 10.3 Las 25 universidades del mundo con más patentes otorgadas en el 2014

Universidad	País	No. Patentes (2014)
1 University of California, The Regents of	EE.UU.	453
2 Massachusetts Institute of Thechnology	EE.UU.	275
3 Tsinghua University	China	230
4 Standford University	EE.UU.	182
5 University of Texas	EE.UU.	174
6 California Institute pf Technology	EE.UU.	172
7 Wisconsin Alumni Research Foundation	EE.UU.	153
8 John´s Hopkins University	EE.UU.	140
9 Columnia University	EE.UU.	119
10 University of Michigan	EE.UU.	118
11 National Tsing Hua Iniversity	China	114
11 Korea Institute of Science and Technology	Corea del Sur	114
13 University of South Florida	EE.UU.	104
14 University of Pennsylvania	EE.UU.	101
15 Institute of Microelectronics, Chinese Academy of Science	China	99
16 Purdue Research Foundation	EE.UU.	93
16 National Taiwan University	Taiwan	93
18 University of Illinois	EE.UU.	92
19 New York University/Polytechnic Institute of New York University	EE.UU.	90
20 University of Florida Research Foundation, Incorporated	EE.UU.	87
20 National Chiao Tung University	Taiwan	87
22 Northwester University	EE.UU.	84
22 King Fahd University of Petroleum an Minerals	Arabia Saudita	84
24 Harvard College, President an Fellows	EE.UU.	83
25 Georgia Tech Research Corp.	EE.UU.	78

Fuente: http://www.academyofinventors.org/pdf/NAI-IPO-Top-100-Universities-2014.pdf

La clave para una mayor productividad es la inversión en innovación. La innovación es el resultado directo de la inversión de las empresas en I+D y es influenciada directamente por los siguientes factores:

1. La calidad de la regulación.
2. Protección de los derechos de propiedad.
3. El código tributario.
4. El régimen macroeconómico.
5. La intensidad de la competencia.
6. El desarrollo de la infraestructura.

Además de la baja inversión en I+D, un bajo nivel de innovación podría ser el resultado de la falta de retorno para estas inversiones. Los rivales de una empresa podrían aprovecharse de su inversión en innovación mediante las externalidades (derrame) del conocimiento, haciéndola inefectiva, lo que crea un desincentivo a la generación privada del conocimiento ("*free riding*"). Si el innovador puede proteger su conocimiento entonces la falla de mercado disminuye (Crespi et al., 2014).

Otro problema es que el retorno de la inversión en innovación es más incierto y requiere periodos de gestación más largos. Por ejemplo, algunas industrias como la biotecnología pueden requerir hasta 10 años para ver algún retorno, hay tecnología TIC que duran décadas en producir ganancias, como la impresión 3D. Adicionalmente, puede ser que los innovadores no revelen información sobre sus invenciones para evitar el derrame del conocimiento. Igualmente, la inversión en innovación suele incluir una gran proporción de activos intangibles (e.g., capital humano) que son de uso limitado como garantía financiera. Puede que proyectos de alta rentabilidad privada no se desarrollen debido a la falta de acceso al financiamiento.

Está claro que América Latina y el Caribe subinvierten en innovación. La brecha de inversión en I+D como porcentaje del PIB entre 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).

Porter argumenta que la productividad es el factor predominante que determina el ingreso bruto promedio de una nación, y por ende, su prosperidad (Porter, 1990). Este autor, reconocido mundialmente como gurú académico en teoría competitiva, arguye que el estándar de vida de un país está directamente correlacionado con la productividad de su fuerza laboral, y la única manera de aumentar el nivel de vida está en la capacidad del país en lograr altos niveles de productividad, e incrementarlos en el largo plazo. Pero para lograr este incremento, un país debe necesariamente contar con una economía en constante actualización de sus productos y servicios, esto es, mejorando la calidad, agregando nuevas características, mejorando la tecnología, o incrementando la eficiencia productiva: es decir, innovación. Por ejemplo, Alemania elabora productos cada más sofisticados (diferenciación) y los produce de manera más eficiente introduciendo la automatización de procesos (tecnología productiva).

Actualmente, ninguna nación puede ser competitiva en todas las industrias, por lo que debe especializarse, especialmente aquellas naciones pequeñas con una fuerza laboral y capacidad de inversión limitadas. Para las economías pequeñas como Costa Rica, la competencia y el comercio internacional ayudan a mejorar la productividad del país pues le permite lograr esta especialización. Pero estos procesos también representan amenazas a la competitividad si otras naciones son más productivas en un segmento particular de la industria, por ejemplo, el sector TIC.

Buscar la competitividad a través de lograr balanzas comerciales positivas (superávit comercial), devaluación de la moneda, o el bajo costo de mano de obra, está lleno de muchos problemas. La productividad es el factor más importante para lograr prosperidad de un país pues es lo que logra una verdadera competitividad, y la inversión en innovación es la mejor herramienta para mejorar la competitividad de un país.

La Figura 10.12 resume la tesis de Porter. La inversión en I+D genera innovación, lo que incrementa la productividad de la nación. Las naciones más productivas son más competitivas y por lo tanto más prósperas. Siguiendo la tesis de Porter, la clave para la prosperidad (a largo plazo al menos) está en la innovación. Ahora, la relación entre innovación y crecimiento

es más compleja porque los ecosistemas de innovación de los países están influenciados por sus diferencias en estructura económica, valores, culturas, instituciones, leyes, e historias, y todos estos factores contribuyen profundamente al éxito competitivo de una nación. La nación base de una empresa es aquella donde las ventajas competitivas de la empresa son creadas y sostenidas. Es el país donde la estrategia organizacional es definida y donde se diseña el producto principal y se define la tecnología para producirlo. Es en ese país donde están los empleos más sofisticados y de más alto valor agregado, así como los principales encadenamientos productivos. Y aún cuando la empresa sea parcial o totalmente de dueños extranjeros, si ese país mantiene el control de lo estratégico, creativo y tecnológico, ese país cosechará la mayoría de los beneficios.

Veamos en detalle el caso de la empresa Apple. Tim Cook, el actual Presidente de Apple, recientemente afirmó que:

> "Muchas empresas tienen departamentos de innovación, y esto es siempre una señal de que algo anda mal cuando tienes un VP de innovación o algo por el estilo...Todo el mundo en nuestra empresa es responsable de ser innovador, ya sea que esté haciendo un trabajo operativo o de productos o de servicio al cliente."

Figura 10.12 Círculo virtuoso de Porter

Fuente: Elaboración propia.

Veamos el caso del resurgimiento de Apple desde 1997, que se muestra en la Figura 10.13. En 1997 Steve Jobs regresó como gerente general de Apple, que estaba al borde de la quiebra, e inicia la reestructuración de la empresa. Lo primero que hizo es recuperar el espíritu y la cultura innovadora que había destacado a la empresa desde su fundación en 1975. En 2001 Apple develiza la Ipod, un reproductor digital de música que reunía en un solo dispositivo portátil cuatro tecnologías básicas existentes: el formato de compresión de sonido MP3 inventado en 1988 por el Instituto Fraunhofer de Alemania, el walkman introducido por SONY en 1979, parte del software legado de la computadora MaCintosh introducida en 1984, y la memoria de estado sólido EEPROM desarrollada por Toshiba en 1984. El dispositivo resultó un éxito de ventas, con más de 400 millones de unidades vendidas a la fecha. Apple, una empresa de computadoras, se convirtió en un di ruptor del mercado de dispositivos electrónicos de consuno masivo, y la empresa se empezó a recuperar.

Posteriormente, en el 2003 y después de una negociación con las empresas disqueras, Apple lanzó al mercado Itunes, una página web de venta de música. Ahora los usuarios por primera vez en la historia podían comprar cada canción por separado y pagar 99 centavos de dólar por las mismas, donde Apple se dejaba el 30% de las ventas. Esto convirtió a Apple en un distribuidor de contenido y salvó a las empresas disqueras de la quiebra, además de que benefició enormemente al consumidor quien ahora podría solo comprar lo que quería, lo que cambió radicalmente el modelo del negocio de la industria musical. Apple, una empresa de computadoras, se convirtió ahora en un di ruptor del mercado de la música, y sus acciones empezaron a subir.

En 2007 Apple toma el siguiente paso y se mete de lleno en el mercado de teléfonos celulares inteligentes con el Iphone, que utilizaba cuatro tecnologías ya existentes: el formato MP4 de video digital, la tecnología celular inventada por Motorola en 1973, la pantalla táctil introducida en 1971, y el software IOs que resultó ser realmente innovador en su experiencia de usuario por la nueva interface que introdujo. El Iphone fue un éxito desde el inicio y a la fecha se han vendido más de 1.000 millones de estos teléfonos en todo el mundo. Apple, que ya no era una empresa de computadoras sino un conglomerado de productos electrónicos y servicios digitales, se convirtió en di ruptor de industria de teléfonos celular, altamente competitiva con competidores firmemente establecidos, y sus acciones incrementaron su valor exponencialmente.

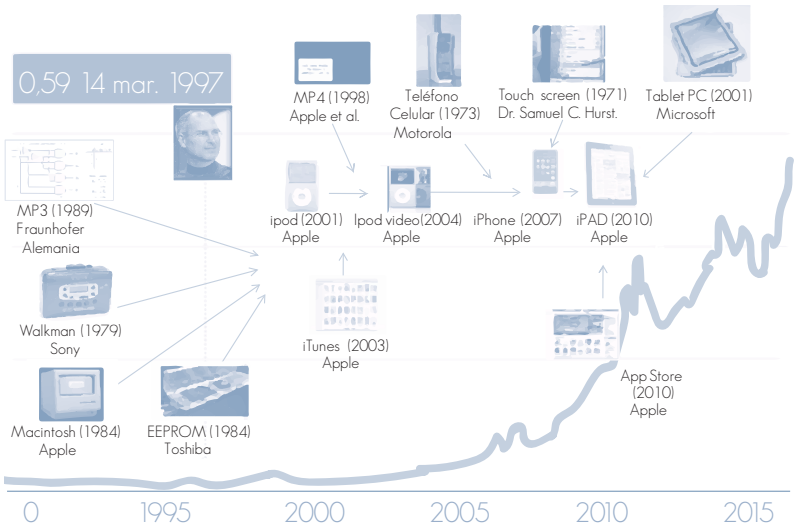

Figura 10.13 El resurgimiento de Apple a base de innovación tecnológica

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente en 2010 Apple introdujo la Ipad, una tableta que además de las tecnologías anteriores utiliza el concepto de computadora portátil táctil, introducida al mercado originalmente por Microsoft en 2001. Y las acciones de Apple siguieron creciendo considerablemente en valor.

El siguiente paso fue entrar en el servicio de computación en la nube, iniciando con los clientes de Apple que compraban sus dispositivos y deseaban respaldar sus contenidos, y luego generalizando el servicio a empresas. Si bien Apple ha ganado la reputación como disruptor de varias industrias (computadoras, dispositivos electrónicos, música, teléfonos celulares, servicios de Internet), en realidad, sus productos generalmente no cumplen con la definición de innovación disruptiva (excepto iTunes, que sí lo fue). Lo que ha desarticulado a la compañía es que sus productos han sido tan increíblemente buenos que, incluso en las categorías establecidas, un lanzamiento de Apple se ha visto como algo completamente nuevo. Esto es innovación sostenida, el mejoramiento continuo de sus productos y la diversificación de los mismos.

El secreto de Steve Jobs no era que él viera lo que otros no podían ver, aunque ciertamente tenía visión. Lo que hizo especial a Apple fue que tenía la disciplina para no hacer lo que otros harían. Se limitó a desarrollar un nuevo producto a la vez y concentró sus energías en construir productos y plataformas existentes. Eso marcó la diferencia (Christensen, 2016).

Como resultado de este proceso innovador sus acciones han multiplicado su valor 250 veces en 20 años, y Apple se ha convertido en la empresa más valiosa del mundo y una de las marcas más prestigiosas en el mercado. Todo este éxito lo consiguió haciendo una cosa fundamental: innovación. Claramente la innovación crea riqueza.

10.1.4 La innovación en países

La prosperidad de una nación depende de cuan productivamente se utilicen los recursos con los que cuenta. Las compañías de un país pueden estar mejorando y extendiendo sus ventajas competitivas, o 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).

i. El *Global Innovation Index*

En los últimos años, el Global Innovation Index (GII) o Índice Global de Innovación[7] se estableció como una referencia líder en la medición del grado de innovación de los países, y como tal una herramienta cuantitativa para la toma de decisiones sobre políticas públicas ya que provee un conjunto clave de métricas para 127 países, representando el 92.8% de la población mundial y el 97.9% del PIB mundial. La Figura 10.14 describe la composición del GII, donde el número entre paréntesis denota la posición de Costa Rica en cada componente del ranking. Se calculan cuatro medidas: el GII global, el subíndice de entrada (insumos), el subíndice de resultados (producción), y la razón de Eficiencia de innovación. El puntaje general de GII es el promedio simple de los subíndices de entrada y de resultados. Cada subíndice tiene varios

7 https://www.globalinnovationindex.org/

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:

Para el año 2017, Costa Rica descendió 8 posiciones con respecto al 2016 en el Índice Global de Innovación

- El subíndice de entrada de innovación 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 y (5) Sofisticación de negocios.
- El subíndice de resultados 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 y (7) Salidas creativas.
- Finalmente, la razón de eficiencia de la innovación **E** es la relación entre los resultados **O** y las entradas o insumos **I** o insumos: **E=O/I**. Mide que tantos resultados produce un país con respecto a la inversión de sus entradas (recursos).

Costa Rica se ubica en el puesto 53 del GII a nivel mundial y 2do en LAC (después de Chile en el puesto 46) y con un descenso de 8 posiciones con respecto a 2016. El país está rankeado en la posición 9 entre los países clasificados como de ingreso medio alto. En la razón de eficiencia de innovación Costa Rica se rankea en la posición 43 a nivel mundial. El pilar mejor rankeado para Costa Rica es el de salidas creativas (que mide creaciones intelectuales) en la posición 40, y el pilar más bajo es el sofisticación del mercado (que mide inversión, comercio y competencia) en la posición 101. La Figura 10.14 muestra la composición del GII y la posición de Costa Rica en cada componente del mismo.

Los países más innovadores del mundo según el GII están listados en la Tabla 10.4. Suiza ocupa el primer lugar por sétimo año consecutivo. De estos 25 países, 24 son clasificados como de ingreso alto, mientras que únicamente China (posición 22) es de ingreso medio. Por otro lado, 15 de los 25 países son europeos. China el país en esta lista con el menor PIB per cápita $PPP ($15.535).

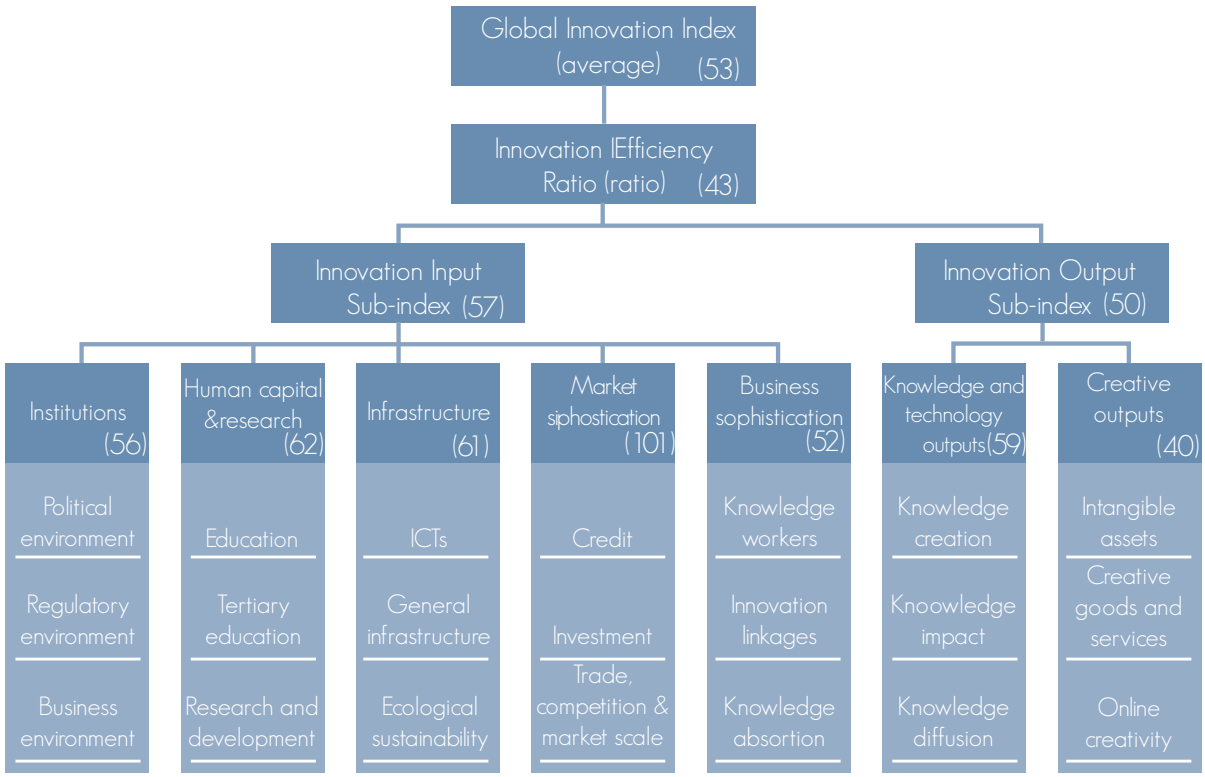

Figura 10.14 Composición del GII y la posición de Costa Rica en cada componente del mismo

Fuente: https://www.globalinnovationindex.org/

Costa Rica está rankeado en la posición 9 entre los países clasificados como de ingreso alto. El pilar mejor rankeado es el de salidas creativas

La Figura 10.15 muestra la correlación lineal entre el índice GII y la inversión en I+D como porcentaje del PIB para los primeros 25 países. La correlación lineal R^2 es muy baja (0,07) por lo que no se puede predecir una variable con la otra. Adicionalmente, la Figura 10.16 muestra la correlación lineal entre el Correlación entre el PIB per cápita en $PPP y la inversión en I+D como % del PIB para los mismos 25 países. La correlación lineal R^2 es muy baja (0,07) por lo que no se puede predecir una variable con la otra. Estas estadísticas sugieren que el GII de un país está determinado por una serie de factores adicionales con relaciones complejas entre sí, y no únicamente por el tamaño de la inversión en I+D o por el PIB per cápita de los países.

Tabla 10.4 Los países más innovadores del mundo según el GII (2016)

País	Región	PIB per cápita en $PPP (2016)[1]	Inversión I+D como % PIB (2016)[2]
1. Suiza	Europa	62.882	2,97
2. Suecia	Europa	49.175	3,26
3. Países Bajos	Europa	50.898	2,01
4. Estados Unidos de América	América del Norte	57.467	2,79
5. Reino Unido	Europa	42.609	1,70
6. Dinamarca	Europa	49.496	3,01
7. Singapur	Asia Pacífico	87.856	2.02
8. Finlandia	Europa	43.053	2,90
9. Alemania	Europa	48.730	2,88
10. Irlanda	Europa	68.883	1,51
11 Corea del Sur	Asia Pacífico	35.751	4,23
12. Luxemburgo	Europa	105.882	1,29
13. Islandia	Europa	51.399	2,21
14. Japón	Asia Pacífico	41.470	3,28
15. Francia	Europa	41.466	2,23
16. Hong Kong (China)	Asia Pacífico	58.553	0,76
17. Israel	Asia	37.901	4,27
18. Canadá	América del Norte	44.025	1,61
19. Noruega	Europa	59.302	1,93
20. Austria	Europa	50.078	3,27
21. Nueva Zelandia	Oceanía	39.059	1,15
22. China	Asia Pacífico	15.535	2,07
23. Australia	Oceanía	46.790	2,11
24. República Checa	Europa	34.711	1,95
25. Estonia	Europa	29.365	1,50
...			
53. Costa Rica	América Central	16.614	0,58

[1] *Según el Banco Mundial.*
[2] *Según la OECD y el Banco Mundial.*

Fuente: https://www.forbes.com/innovative-companies.

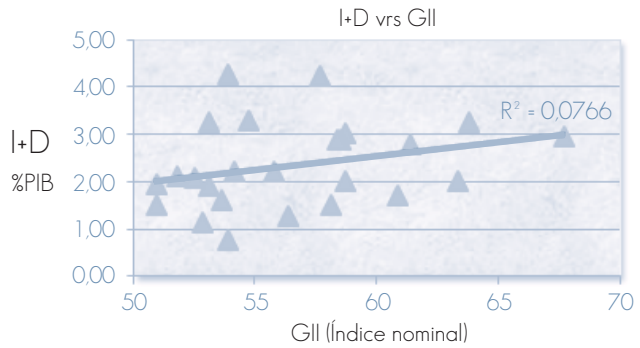

Figura 10.15 Correlación entre el índice GII y la inversión en I+D como % del PIB para los primeros 25 países según el GII

Fuente: elaboración propia con datos de https://www.globalinnovation index.or

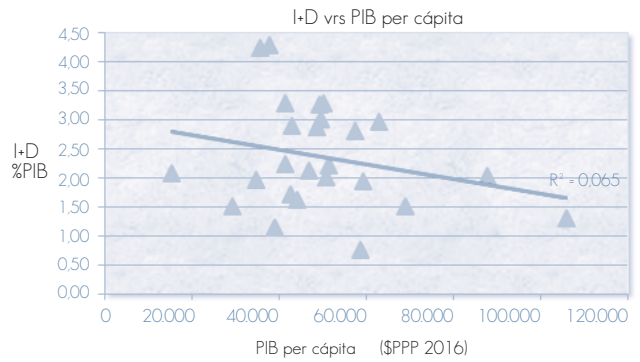

Figura 10.16 Correlación entre el PIB per cápita en $PPP y la inversión en I+D como % del PIB para los primeros 25 países según el GII

Fuente: elaboración propia con datos de https://www.globalinnovationin dex.org

El informe destaca que el crecimiento anual mundial en inversión en I+D rondaba el 5% antes de la crisis del 2008-2009, y en 2016 el crecimiento anual fue solo del 3%. En Costa Rica el crecimiento entre el 2008 y el 2016 se mantuvo al mismo ritmo del crecimiento del PIB, un promedio del 4% anual.

Una manera para superar el enfoque puramente cuantitativo es analizar la calidad de la innovación, como lo hace el GII, evaluando el valor de universidades, producción científica, y patentes. La calidad de la innovación se mide como un promedio de tres variables GII:

1. Clasificación universitaria en el ranking QS puntaje (promedio de las 3 mejores universidades).

2. Número de Patentes que se presentaron en al menos dos oficinas de patentes.

3. Artículos científicos citables (medido con el índice H).

Una alta calidad de innovación sigue siendo una característica distintiva de los cinco países líderes en este rubro: Estados Unidos, Japón, Suiza, Alemania, y Reino Unido. China e India son los únicos países de ingresos medios que alcanzan una calidad de innovación comparable.

Por otro lado, la Unión Europea publica anualmente un reporte sobre los incrementos en el desempeño de la innovación de sus 28 países miembros. La Figura 10.17 muestra los resultados del reporte para 2017. Las columnas en color muestran los resultados de los Estados miembros en 2016, utilizando los datos más recientes para veintisiete indicadores, en comparación con los de la UE en 2010. Los guiones horizontales muestran los resultados en 2015, utilizando los datos más recientes para veintisiete indicadores, en comparación con los de la UE en 2010. Las columnas en gris indican los resultados obtenidos por los Estados miembros en 2010, en comparación con los de la UE en el mismo año. Este índice de desempeño se calcula mediante 27 indicadores, pero la comparación con países fuera de la UE se hace con un subconjunto de 16 indicadores, esto por razones de disponibilidad de datos. Estos indicadores miden los siguientes criterios: la disponibilidad de recurso humano, el sistemas de investigación, el ambiente de innovación, financiamiento y apoyo, inversión de las empresas en innovación, innovadores, ligas, activos intelectuales, impacto en el empleo y efecto económico.

Los países más innovadores de la UE son Suecia (SE), Dinamarca (DK), Finlandia (FI), Países Bajos (NE), Reino Unido (IK) y Alemania (DE), en ese orden. El gráfico muestra además a otros países no miembros de la UE tales como Suiza (CH), Israel (IS), Macedonia (MK), Turquía (TR), Islandia (IS), Noruega (NO), Serbia (RS), y Ucrania (UA). Suiza, sigue siendo el país más innovador de Europa, mientras que Islandia, Israel y Noruega son innovadoras fuertes, con resultados por encima de la media de la UE. Otros países no mostrados en este gráfico tales como Corea del Sur, Canadá, Australia, Japón y Estados Unidos tienen un desempeño mayor que la media de la UE según este índice. Finalmente, los países Brasil, Rusia, India, China, Sudáfrica (los llamados BRICS) tienen todos desempeños inferiores a la media de la UE según este índice.

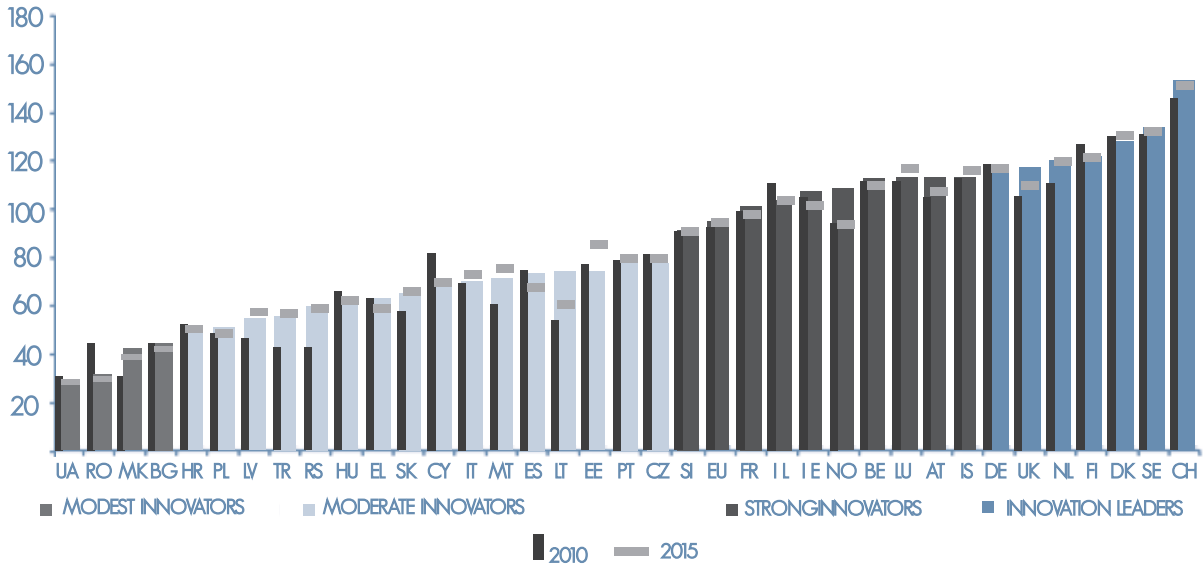

Figura 10.17 Desempeño innovador de los países de la Unión Europea

Fuente: http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards.

En palabras de Carlos Moedas, Comisionado de la UE para la Investigación, la Ciencia y la Innovación, *"Europa es buena para transformar euros en conocimiento, pero no es buena en transformar conocimiento en euros".*

Papel de las TIC en los sistemas de innovación modernos

Las TIC tienen un doble papel en los procesos de innovación. Por un lado, por su ubicuidad como herramienta tecnológica, 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 autos eléctricos de Tesla y los autos autónomos de Google en el sistema de transporte, las comunicaciones a través de Internet de *Skype* y *WhatsApp*, y las invenciones de transporte de mercaderías de Amazon.

Las TIC juegan un papel clave en la disrupción de estos tres componentes de la economía pues permite la digitalización de los mismos. 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 aduanas de los gobiernos no pueden cobrar impuestos por mercaderías digitales, muchos bancos han perdido algunos negociones de intermediación financiera mediante empresas alternativas tales como *PayPal*.

2. La desagregación. La robótica y la inteligencia artificial pueden partir 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 todos 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 inducidos respectivamente por *Amazon*, *Netflix* y *Apple* son los mejores ejemplos.

La Figura 10.18 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).

En el caso de innovación en la era digital, existen algunas lecciones aprendidas que se deben tomar en cuenta en este proceso (Isaacson, 2014):

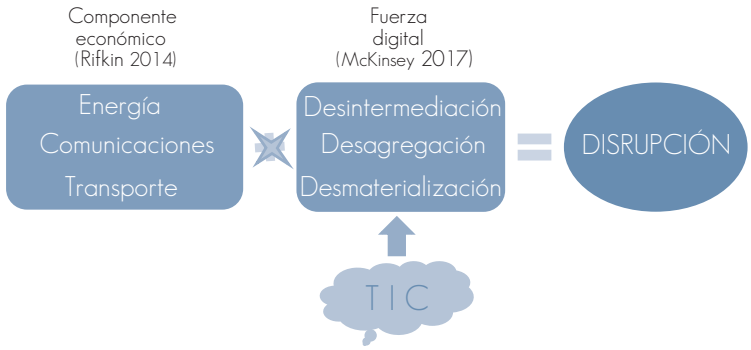

Figura 10.18 La disrupción económica causada por las TIC

Fuente: elaboración propia a partir de Rifkin 2014 y McKinsey 2017.

1. La creatividad es un proceso colectivo. La innovación es producto de un grupo de personas colaborando, más que en el pasado que se daba mayoritariamente como producto de un chispazo de algún individuo. Es en la intersección entre el arte y la ciencia donde ocurren las mejores innovaciones.

2. Ciertamente la era digital es revolucionaria, pero está basada en inventos hechos por previas generaciones, comenzando con la calculadora de Pascal en el siglo XVII, la máquina analítica de Charles Babagge y la idea de una máquina programable de Ada Lovelace en los 1840s, así como las ideas teóricas de de Alan Turing sobre computabilidad en la década de los 1950. La computadora y la Internet que hoy usamos fueron pensadas y diseñadas en forma colaborativa a través de generaciones de inventores e ingenieros.

3. Los equipos más productivos son aquellos compuestos por personas con diferentes especialidades. De los dos fundadores de Apple, Steve Gozniack era ingeniero y Steve Jobs era artista.

4. La proximidad física sigue siendo importante. Las personas son más innovadoras cuando están juntas. (Oppenheimmer, 2014) asegura que ese, más que ningún otro, es el éxito de *Sillicon Valley,* el centro de innovación más importante de EE.UU.

5. Es importante agrupar visionarios con ideas (científicos e ingenieros creativos) con gerentes operativos que puedan hacerlas realidad. Caso de Intel en la década de los 1960 con Robert Noyce y Gordon Moore, quienes contrataron a Andy Grove como gerente.

En el caso de la era digital, las innovaciones se han hecho realidad a través de tres mecanismos:

1. El financiamiento estatal, a través de laboratorios de investigación y universidades mediante el financiamiento de investigación y desarrollo.
2. Compañías privadas que forman equipos de investigación. Ejemplo, Bell Labs y Xerox PARC. Siempre con el principal objetivo de hacer ganancias.
3. La creatividad colaborativa, recientemente llamada la economía colaborativa, donde los "hacedores" ("*makers*") colaboran y comparten ideas y diseños como parte de un esfuerzo común. Este es el caso del movimiento de software libre creado en los 1980s, que ha producido software de alto impacto tal como GNU/Linux.

Desde el punto de vista de las políticas públicas que puede impulsar un país, un sistema nacional de innovación se beneficia de las tres vías. Adicionalmente, la innovación se beneficia de la competencia entre los sistemas abiertos donde se comparte el conocimiento y se colabora en su mejora, y los sistemas propietarios, impulsados prioritariamente por la empresa privada, donde las innovaciones se protegen mediante mecanismos legales tales como patentes.

Las innovaciones más exitosas de la era digital, son aquellas donde:

1. Los líderes han impulsado equipos colaborativos y donde a la vez han proporcionado una clara visión de liderazgo. Los innovadores más exitosos son los que se focalizan en el producto final. Fueron creadores más que vendedores.
2. Los productos permitieron o mejoraron la socialización. El radio portátil, el iPod, la Internet, *Facebook* y *WhatsApp* son ejemplos de esto.

Las dos más importantes invenciones digitales de la segunda mitad del siglo XX fueron el circuito integrado o chip (1968) y la Internet (1968) con el WWW (1992). Con base en estas y otras TIC, el Siglo XXI será sin duda el siglo digital (Barriga, 2016). El siglo digital está apenas empezando a explotar las capacidades de innovación de estas tecnologías, pero ya ha podido crear lo que se conoce como la "economía digital", compuesta de aquellos sectores y procesos del sistema económico crean nuevas oportunidades o que mejoran su desempeño con base en el uso intensivo de las tecnologías digitales. Ha llegado a ser tan importante que unos de los comités técnicos de la OECD versan sobre el tema de economía digital.

La Comisión Económica para la América Latina y el Caribe (Cepal) afirma que la economía digital tiene tres actores principales: la infraestructura de redes de banda ancha (principalmente Internet), la industria de aplicaciones TIC (desarrollados de hardware, software, y equipo de comunicaciones), y los usuarios finales (personas, empresas, gobiernos) (Cepal, 2013).

La economía digital es actualmente el segundo impulsador más importante de la innovación, lo que ha convertido a las empresas del mundo digital en líderes mundiales en inversión en I+D, tal y como muestra la Figura 10.19 donde se listan las 20 empresas con la inversión más alta en I+D en el mundo. De este grupo, 9 empresas son TIC, 5 son farmacéuticas, 4 son automotrices, 1 de electrónicos, y 1 es una empresa de productos de consumo para hogares. Amazon, que aparece de primera en este ranking, ha migrado su giro de negocio de ser originalmente una empresa de comercio electrónico a ser una empresa de servicios digitales, y lo ha hecho con una gigantesca inversión en I+D que le ha permitido pasar de ser un usuario de tecnología a ser un di ruptor en la industria TIC.

La economía digital es el segundo impulsador de la innovación

La primera revolución industrial fue impulsada por la máquina de vapor y los procesos de manufactura, la segunda por el petróleo, la electricidad y la manufactura masiva, y la tercera por la informática (Schwab, 2016), pero claramente la cuarta revolución industrial es primordialmente digital (Barriga, 2016). 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 están estimulando la productividad y las que más innovación están generando desde el punto de vista económico, al punto que actualmente 5 de las 10 empresas más valiosas del mundo son de la industria TIC[8].

8 https://www.forbes.com/powerful-brands/list/

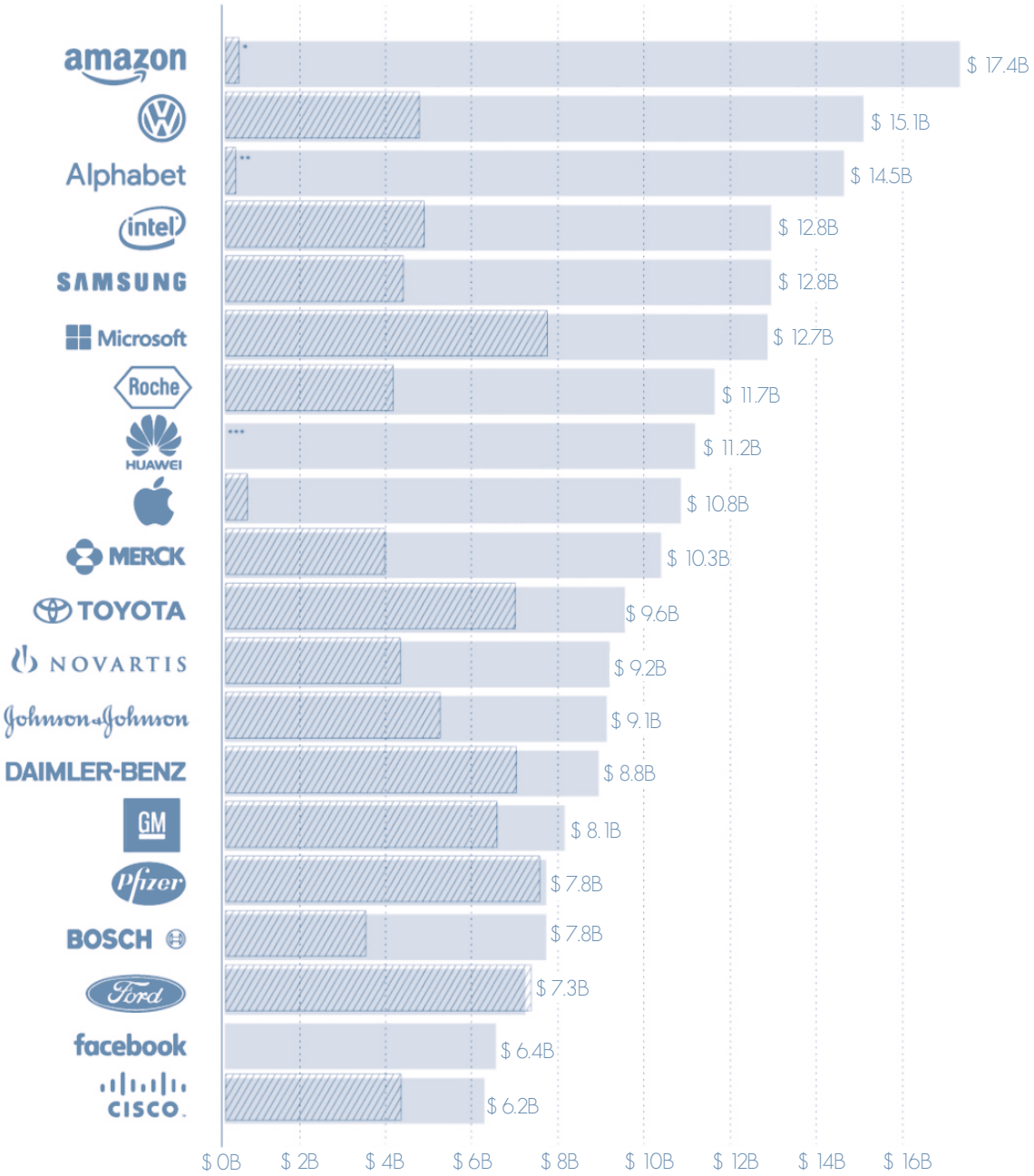

Figura 10.19 Las 20 empresas con mayor inversión en I+D en el mundo (datos del 2017 en miles de millones de dólares)

Fuente: http://www.businessinsider.com

Según (OECD, 2016) existe un conjunto de tecnologías que tienen un alto potencial disruptivo y presentan grandes oportunidades para impulsar la innovación. En la Tabla 10.5 listamos las tecnologías que tienen que ver directamente con TIC e incluimos algunas otras tecnologías no mencionadas en ese informe. En la última columna hacemos un análisis de cómo se sitúa Costa Rica en cada una de estas tecnologías.

Tabla 10.5 Lista de TIC con alto potencial disruptivo (adaptado de (OECD 2016)).

Tecnología	Descripción	Principales áreas de aplicación	Estado en Costa Rica
1. Computación en la nube (Cloud Computing)	Paradigma descentralizado que permite ofrecer servicios de computación a través de una red, que generalmente es Internet, bajo demanda. Desde un centro de datos se alquila a través de la red hardware y software como un servicio a usuarios remotos, quienes únicamente pagan por los recursos utilizados y se liberan de su administración.	Todas.	Poco utilizada por el Estado, más usada por el sector privado. Muy poca investigación endógena en el tema.
2. Internet de las cosas (Internet of Things, IoT)	Dispositivos y objetos conectados a Internet con o sin el involucramiento de individuos. Más allá de dispositivos clásicos como computadoras y teléfonos inteligentes, incluye sensores, cámaras, alarmas, y otros dispositivos que recolectan datos y los intercambian entre sí, o con individuos. Se estima un cantidad de 15 mil millones de dispositivos conectados para 2020.	Salud, agricultura, transporte, seguridad, manufactura, energía, ciudades inteligentes, gobierno inteligente, medio ambiente.	Existe un consorcio de empresas de IoT en el país. Gran potencial de aplicación en la economía. Muy poca investigación endógena en el tema.
3. Cadenas de bloques (Blockchain)	Es una base de datos distribuida que permite el almacenamiento y transferencia de información en una red de computadoras. Actúa como un libro de contabilidad abierto, compartido y seguro que es imposible de alterar y que todos pueden inspeccionar. Permite asegurar la legitimidad de una transacción financiera sin la intervención de un tercero (ente certificador). Es la tecnología base para la implementación de las criptomonedas.	Finanzas, gobierno, banca, bolsas de valores.	Apenas en proceso de adopción. Ninguna investigación endógena en el tema
4. Inteligencia Artificial (Artificial Inteligencia, IA)	Computadoras con la habilidad de adquirir y aplicar conocimiento para demostrar comportamiento inteligente. Esto significa poder realizar tareas cognitivas tales como sentir, procesar lenguaje natural, razonar, aprender, y tomar decisiones. Un sistema inteligente se comporta como un agente autónomo que actúa independientemente de la intervención humana. Por ejemplo, un robot, un vehículo.	Salud, leyes, manufactura, logística, servicios, transporte, industria aeroespacial, finanzas, seguridad.	Apenas en proceso de adopción por el sector privado. Una buena cantidad de investigación endógena en el tema.

Continuación Tabla 10.5

Tecnología	Descripción	Principales áreas de aplicación	Estado en Costa Rica
5. Robótica (Robotics)	Combina la mecánica, electrónica, computación, inteligencia artificial, ingeniería de control y la física para diseñar y construir artefactos mecánicos (robots) para realizar tareas de todo tipo.	Salud, negocios, comercio, manufactura, industria aeroespacial, industria automotriz.	Pocos usos de robótica en sistemas de manufactura, mayoritariamente por transnacionales. Enseñanza de la robótica educativa a nivel secundario y terciario. Algunas investigaciones en universidades públicas.
6. Computación cuántica (Quantum Computing)	Un nuevo paradigma computacional que se basa en el uso de cúbits en lugar de bits, y da lugar a nuevas puertas lógicas que hacen posibles nuevos algoritmos. Aprovechando las propiedades cuánticas de la materia, un cúbit puede tener varios estados simultáneamente (no solo 0 y 1 como los bits clásicos), por lo que provee una mucha mayor capacidad computacional.	Seguridad informática, inteligencia artificial.	Muy poca investigación.
7. Computación en maya (Grid computing)	Es una forma de computación distribuida donde nodos pueden ser de iguales o distintas arquitecturas o tecnologías desde sistemas embebidos hasta supercomputadores. Esto permite utilizar de forma coordinada recursos computacionales heterogéneos para procesas tareas complejas.	Todas.	Poca adopción de la tecnología. Alguna investigación en el país.
8. Analítica de grandes datos (Big Data Analytics)	Conjunto de técnicas y herramientas utilizadas para procesar, visualizar e interpretar grandes volúmenes de datos que son generados por procesos digitales. Se utiliza para inferir relaciones, establecer dependencias, y realizar predicciones sobre resultados o comportamientos. Se utilizan técnicas de minería de datos, inteligencia de negocios, y aprendizaje de máquina.	Salud, transporte, negocios, comercio, ciudades inteligentes, gobierno inteligente, medio ambiente.	Una adopción creciente en el sector privado, casi nula en el Estado. Alguna investigación a nivel nacional.
9. Modelado y juegos (Modelling simulation and gaming)	Creación de juegos y simuladores de la realidad computarizados (digitales).	Educación, construcción, industria del entretenimiento, industria militar, industria aeroespacial.	Existencia de un clúster de empresas de desarrollo de videojuegos.
10. Fotónica y tecnologías ópticas (Photonics and light technologies)	Generación, control y detección de fotones. Aplicaciones incluyen el almacenamiento óptico de datos, telecomunicaciones por fibra óptica, impresión láser (basada en la xerografía), visualizadores y bombeo óptico en láseres de alta potencia.	Industria TIC.	Poca investigación a nivel nacional.

Continuación Tabla 10.5

Tecnología	Descripción	Principales áreas de aplicación	Estado en Costa Rica
11. Realidad virtual (virtual reality)	Entorno generado mediante TICs que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en él. El entorno es contemplado por el usuario a través de dispositivos tales como gafas, cascos, guantes o trajes especiales, que permiten una mayor interacción con el entorno.	Industria dl entretenimiento, industria audiovisual, juegos.	Uso muy bajo. Investigación casi nula.
12. Impresión 3D (3D printing)	Grupo de tecnologías de fabricación por adición donde un objeto tridimensional es producido mediante la superposición de capas sucesivas de material. Se pueden imprimir partes y montajes hechos de diferentes materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas, a menudo con un simple proceso de ensamble, e inclusive prototipos de productos.	Manufactura, construcción.	Uso bajo. Investigación endógena nula.
13. Red inteligente (Smart grid)	Automatización inteligente de las redes eléctricas mediante la conexión a único sistema de gestión con el propósito de hacer un uso eficiente y racional de la energía. Utiliza las TIC para optimizar la producción y la distribución de electricidad y así equilibrar mejor la oferta y la demanda entre productores y consumidores.	Energía.	Apenas en proceso de adopción. Investigación nula.
14. Robots autónomos (Drones)	Es una aeronave no tripulada. Existen dos tipos: los controlados desde una ubicación remota, y aquellos de vuelo autónomo a partir de planes de vuelo pre-programados a través de automatización dinámica (software).	Industria audiovisual, industria militar, agricultura, aviación.	En proceso de adopción para usos comerciales. Regulación estatal afecta adopción. Investigación nula.
15. Vehículos autónomos (Automomous vehicles)	Vehículos automotores que se conducen automáticamente. Perciben el entorno mediante técnicas complejas como láser, radar, sistema de posicionamiento global y visión computarizada. Los sistemas avanzados de control interpretan la información para identificar la ruta apropiada, así como los obstáculos y la señalización relevante.1	Transporte, industria automotor, logística.	Adopción nula. Sin regulación estatal. Investigación nula.
16. Bioinformática (Bioinformatics)	Aplicación de tecnologías computacionales a la gestión y análisis de datos biológicos. Incluye el uso de herramientas matemáticas para extraer información útil de datos producidos por técnicas biológicas de alta productividad, como la secuenciación del genoma.	Biología, salud, agricultura, medio ambiente, industria farmacéutica.	La UCR ofrece una maestría en el tema. Investigación pujante y en crecimiento.

Continuación Tabla 10.5

Tecnología	Descripción	Principales áreas de aplicación	Estado en Costa Rica
17. Neurotecnología) (neurotechnology)	Medios artificiales para interactuar con el cerebro y el sistema nervioso para investigar, accesar y manipular la estructura y función del sistema neuronal. Incluye el desarrollo de dispositivos electrónicos para reparar y sustituir funciones cerebrales, tales como nano robots.	Salud, psiquiatría, ciencias cognitivas.	La UCR creó el Centro de Investigación en Neurociencias. Investigación pujante y en crecimiento.
18. Nano/micro satélites (nano/micro satélites)	Satélites muy pequeños (menos de 50 Kgs) con propósito específico que ofrecen ventajas tales como costo y facilidad de construcción.	Medio ambiente, ciencias de la tierra, educación, oceanografía.	ITCR ha diseñado primer micro satélite. Gran potencial para el país.

Fuente: adaptado de (OECD 2016).

Figura 10.20 Las TIC disruptivas y su influencia en la sociedad

Fuente: adaptada de Bosch (2017).

La Figura 10.20, adaptada de (Bosch, 2017), describe la situación de cada una de estas TIC y las áreas de la economía en las que causan disrupción. En la parte izquierda se listan las tecnologías base y en la derecha los sectores económicos que sufrirán la disrupción. Costa Rica tiene la oportunidad de destacar en innovación en más de una de estas tecnologías debido al relativo desarrollo del clúster de TIC nacional.

Sobre los impedimentos a la innovación, en el caso de empresas en LAC, (Morales y León, 2017) cita las siete razones principales por las que no despega 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. Olvídese 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 tiepos 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 diseñanada. Medir formalmente la experiencia actual del cliente es clave para conocer el grado de satisfacción de los mismos y poder retenerlos.

10.2 LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN

(Nelson 1993) define un sistema nacional de innovación como *"un conjunto de instituciones cuyas interacciones determinan el desempeño innovador de las empresas nacionales".*

El sistema nacional de innovación de un país incluye a una serie de actores cuyo funcionamiento permite el desarrollo de la innovación, tales como: instituciones políticas y otras instituciones sociales que afectan las políticas públicas de innovación, el sistema financiero nacional, la legislación sobre registro de empresas y protección de la propiedad intelectual, el sistema educativo, los mercados laborales, la cultura, y las instituciones de enlace de propósito específico. La calidad de estos actores y el dinamismo de sus interrelaciones son los aspectos que definen el nivel de madurez del sistema. Comprender cómo está compuesto y cómo funciona el sistema de innovación de un país le permite a los gobernantes y expertos identificar sus fortalezas y debilidades, para así mejorar la eficiencia de la innovación en este. Un país tiene éxito en innovación cuando sus circunstancias apoyan la estrategia de alguna industria o segmento de esta (Porter, 1990).

Existen tres componentes principales de un sistema de innovación (Atkinson, 2014), los que se muestran en la Figura 10.21. El triángulo de éxito de la innovación sitúa los factores del entorno empresarial en un lado del triángulo, el entorno comercial, fiscal y regulatorio en otro, y el entorno de política de innovación en el del tercero. El éxito requiere una estructuración correcta de los tres lados del triángulo de innovación.

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 etapas: la invención, la producción, y la venta. 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).

La capacidad nacional innovadora es el potencial de un país 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. Motivados por las diferencias de productividad en I+D entre países, este estudio evalúa los determinantes de patentes internacionales a nivel nacional.

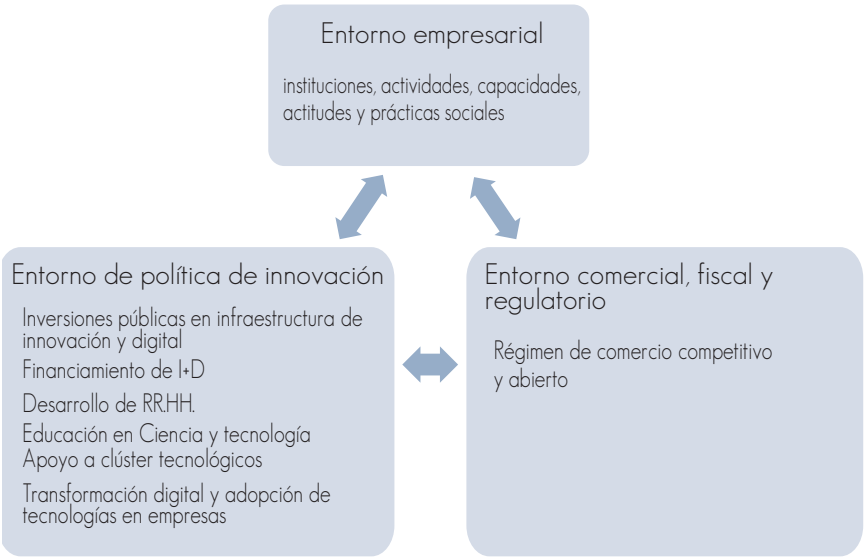

Figura 10.21 Los tres componentes básicos de un sistema nacional de innovación

Fuente: Atkinson (2014)

El marco de trabajo se basa en el concepto de capacidad de innovación nacional, y sus resultados sugieren que:

1. Las patentes se caracterizan bien por un conjunto pequeño pero matizado de los factores económicos observables que pueden verse afectados por la política pública.
2. Los países de la OCDE experimentaron una convergencia sustancial en la capacidad innovadora nacional durante el último cuarto de siglo.

Pero la innovación no es un proceso lineal, sino un proceso 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 usado 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: pueden mejorar o degradarse con el tiempo (Atkinson, 2014).

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 10.22 muestra los actores y las interacciones principales de un sistema de innovación (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.

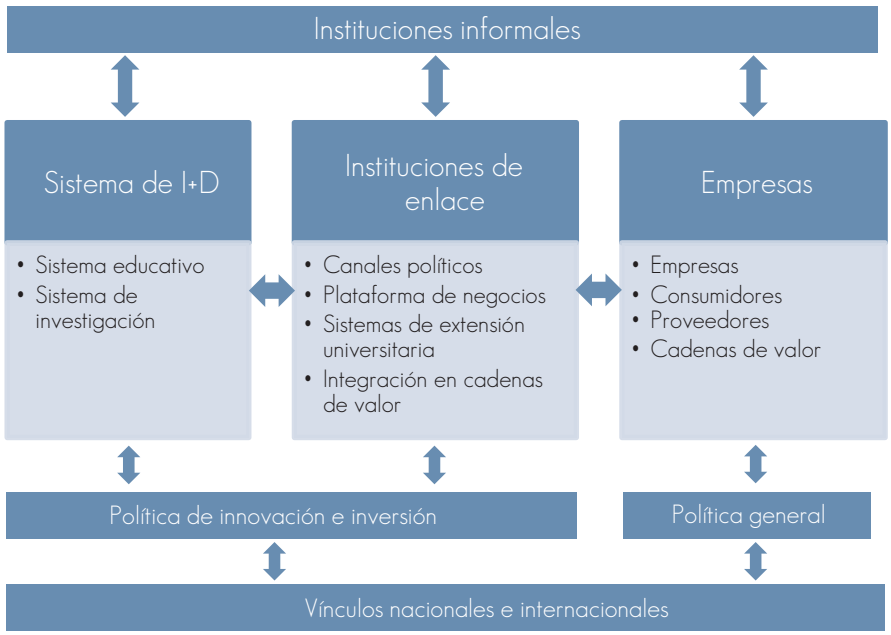

Figura 10.22 Actores e interrelaciones de un sistema de innovación

Fuente: adaptado de Alfaro (2011).

Por otro lado, el marco de trabajo propuesto por (Furman et al. 2002) organiza los determinantes de capacidad innovadora nacional en tres elementos principales: (1) un conjunto común de instituciones, compromisos de recursos y políticas que apoyan la innovación, conocida como la infraestructura común de innovación; (2) la orientación particular de innovación de grupos de agrupaciones industriales nacionales interconectadas; y (3) la calidad de los vínculos entre los dos.

La innovación surge cuando estos componentes maduran e interactúan eficazmente entre sí. Pero muchos sistemas de innovación pueden tener fallas de cuatro tipos (Alfaro 2011):

1. Faltantes cognitivos: las diferencias de conocimiento (origen, nivel, experiencia, intereses, normas, valores, incentivos) entre actores les pueden impedir trabajar juntos.
2. Faltantes de información: algunos actores están mal informados sobre las capacidades de los otros actores y las posibilidades de cooperación.
3. Faltantes administrativos: algunos actores no tienen las habilidades para adquirir y usar efectivamente nuevo conocimiento científico y tecnológico
4. Faltantes sistémicos: el sistema posee vacios o faltantes que impiden innovaciones exitosas. Por ejemplo, la dependencia de actores externos para incorporar innovación.

Pareciera entonces que no hay una receta mecánica para crear sistemas de innovación exitosos, pero los incentivos empresariales y el "espacio para la innovación" siguen siendo importantes (Furman et al. 2002). El gasto absoluto en I+D o cifras absolutas en el número de investigadores nacionales, sobe el número de graduados en ciencias y en ingeniería o la generación de publicaciones, no garantizan por sí mismos la existencia de un sistema de innovación exitoso en un país. Con frecuencia, una mayor participación de graduados en ciencias e ingeniería, por ejemplo, se persigue como una panacea para crear sistemas de innovación exitosa pues los responsables de las políticas deben iniciar en alguna parte, y este factor es fácilmente medible. Sin embargo, la creación de sistemas de innovación exitosos --con sólidos insumos de innovación, sofisticados mercados, un sector negocios próspero y fuertes vínculos entre actores de innovación-- y la evaluación de su rendimiento, es más complejo que apuntar a aumentar una sola variable de entrada innovación.

Finalmente, tamaño de los mercados internos es de gran importancia para la innovación y la competencia. El mercado de países tales como Estados Unidos y recientemente China, debido a su tamaño, les ha permitido a los empresarios vender masivamente sus nuevos productos en todas las industrias, haciendo de sus compañías líderes globales.

10.2.1 Estados Unidos (EE.UU.)

Hasta finales del siglo IXX 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. Uno de los primeros pasos en el desarrollo del sistema tal y como lo conocemos hoy se dio en 1862 (en plena guerra civil) con la aprobación de la Ley Morrill que donó tierras federales en cada uno de los estados para fundar universidades, y en 1890 esta ley se extendió a los antiguos estados de la confederación. Hoy en día estas son algunas de las mejores universidades de investigación en el país.

Población (millones)	324
PIB (miles de millones US$) (2016)	18.561
PIB per cápita, PPP$ (2016)	55.805
Clasificación país	Ingreso alto
Región	América del Norte
Inversión en I+D (% PIB) (2015)	2,77
# investigadores/millón hab. (2015)	4.232
Posición en el GII (2017)	4

Posteriormente, en 1887 se da un paso importante con la creación de los Institutos Nacionales de Salud (*National Institutes of Health, NIH*), en la actualidad uno de los centros más grandes del mundo en investigación médica. Actualmente está compuesto por 27 centros e institutos separados y representa el 21% de toda la inversión en I+D del gobierno federal.

Paralelamente, 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, empresarios tales como John D. Rockefeller con Standard Oil (petróleo), Andrew Carnegie con Carnegie Steel (acero), Henry Ford con Ford Motor Company (automóviles) y J.P Morgan con General Electric (productos electromecánicos), para mencionar solo algunos. Estas empresas convirtieron a sus dueños en los hombres más ricos del mundo e introdujeron innovaciones importantes en productos y procesos de producción.

A pesar del éxito empresarial, 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. Los EE.UU. explotaron al máximo su capacidad de inversión e incrementaron al inversión federal en I+D en un factor de 15 veces, lo que lo hicieron surgir del conflicto como el país más avanzado tecnológicamente. A partir de ese momento y gracias a la visión del científico e ingeniero Vannevar Bush, quien durante la guerra había dirigido la Oficina de Investigación y Desarrollo militar (*Office of Scientific Research and Development, OSRD*), el sistema de I+D se consolidó en tiempos de paz y se creó en 1949 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 el 3% del presupuesto federal en I+D en proyectos de investigación.

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). Por ejemplo, 13 de las 25 primeras universidades del mundo según el ranking QS[9] están en EE.UU. De acuerdo a estadísticas del banco mundial[10], en 2015 un total de 140.969 patentes de residentes le fueron otorgadas (número 1 en el mundo) y generó el 19% de todas las publicaciones científicas (número 1 en el mundo).

9 https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2018

10 https://data.worldbank.org/indicator/

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:

1. Incentivos: la ganancia monetaria para los innovadores, debidamente protegidos por las leyes de propiedad intelectual.
2. Apoyo gubernamental. el gobierno federal invierte actualmente en I+D el 0,75% del PIB.
3. La mezcla de capitalismo emprendedor (nuevas empresas) y las grandes corporaciones. La innovación surge tanto de las grandes corporaciones como de las nuevas *startups*. Parte del financiamiento federal a la I+D está reservado por ley para empresas pequeñas.
4. 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 oportunidades educativas apropiadas, y que mantienen una cultura en la que I+D y la innovación es apreciada y respetada.

Hay dos políticas principales del gobierno que apoyan la innovación: las leyes antimonopolio que datan de finales del Siglo IXX, y 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.

En 2017 EE.UU invirtió un total de $479.358 millones en I+D, donde el 75% es inversión privada y el 25% es gubernamental. Es la cifra más alta del mundo seguida por China con $370.589 en millones PPP$. De los fondos federales, la Tabla 10.6 muestra la inversión en I+D que hicieron las diferentes instituciones del gobierno federal de EE.UU. para 2017. Del total de los $146.997 millones, el 54% corresponde a proyectos militares (mayoritariamente desarrollo de sistemas de armas) y el 46% a proyectos no militares. De la inversión en proyectos militares, aproximadamente el 40% se desembolsó a la industria, el 33% a los laboratorios del Departamento de Defensa y el 21% a la academia. Estos fondos son asignados mediante concursos basados en méritos para proyectos civiles, y mediante licitaciones en el caso de los fondos para investigación militar. Adicionalmente al NSF, varios ministerios (secretarías) y sus agencias invierten cantidades considerables de fondos en I+D, en asociación con universidades y centros de investigación, tanto públicos como privados.

Aunque parezca grande, en plena guerra fría el financiamiento federal de I+D representaba el 1,25% del PIB en 1977, pero en 2017 ha descendido el 0,75% del PIB. En cuatro décadas se ha perdido medio punto porcentual del PIB en el apoyo federal a la I+D, mientras que el aporte del sector privado ha mantenido un crecimiento similar al PIB. Debido a esto (Singer 2017) argumenta que EE.UU. ha perdido la delantera en innovación y que para recuperar el crecimiento económico debería invertir en su infraestructura de innovación, incluyendo I+D, en vez de únicamente pensar en la infraestructura física tradicional. Esta última tendría un menor efecto en el crecimiento económico a largo plazo pues no resuelve los problemas estructurales del crecimiento que es debido al magro incremento de la productividad como consecuencia de la falta de innovación. Su argumento se basa en el hecho de que la productividad del país está creciendo a menos del 1% anual, cuando el crecimiento histórico antes de la crisis del 2008-2009 era de un 2% anual, lo que explica el bajo crecimiento económico desde esa crisis de apenas un 2% anual. Para mejorar su índice de crecimiento del PIB anual, EE.UU. necesitaría invertir más en innovación para lograr así incrementar la productividad. Por ejemplo, el NIH ha calculado que cada dólar invertido en una patente produce un derrame de dos dólares en la economía.

Si bien la mayor parte de la inversión en innovación en los EE.UU. la hace el sector privado (75%), 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 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 le permiten a las empresas descontar los gastos en I+D del impuesto de la renta.

Tabla 10.6 Inversión en I+D del gobierno federal de EE.UU. para 2017

Institución	2017 (millones de $)	% de la inversión federal en I+D
DOD (Department Of Defense)	71.927	49%
NASA (National Aeronautic and Space Administration)	11.956	8%
DOE (Department of the Environment)	16.341	11%
HHS, NIH (Human and Health Services, National Institutes of Health)	30.381	21%
NSF (National Science Foundation)	6.052	4%
USDA (United States Department of Agriculture)	2.552	2%
DOI (Department of the Interior)	1.057	1%
DOT (Department of Transportation)	851	1%
EPA (Environmental Protection Agency)	503	0%
DOC (Department of Comerce)	1.846	1%
DHS (Department of Homeland Security)	575	0%
VA (Veterans Administration)	1.230	1%
Otros	1.706	1%
Total I+D (presupuesto federal)	146.977	100%

Fuente: https://www.aaas.org/page/historical-trends-federal-rd.

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).

Durante los 1980s y para afrontar la competencia extranjera los responsables de formular políticas federales de I+D comenzaron a experimentar con programas que buscaban fortalecer las capacidades tecnológicas civiles subsidiando y promoviendo la investigación conjunta, así como fomentar la colaboración entre las universidades y la industria (Atkinson 2014). Para esto, se crearon programas tales como el Centro Nacional de Ciencias de la Fabricación (NCMS), el consorcio de investigación de semiconductores Sematech, el Programa de Tecnología Avanzada (ATP) del Departamento de Comercio, y la creación a través del NSF de centros nacionales de investigación en ingeniería dentro de las universidades (49 a la fecha que se financian hasta por 10 años). Además, una ley de 1980 le permitió a las universidades retener y comercializar las patentes resultado de investigaciones hechas con fondos federales.

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. Con el apoyo y la tutoría de los estos sitios, los equipos de investigadores aprenden de primera mano sobre el emprendimiento y exploran la transición de sus ideas, dispositivos, procesos u otras actividades intelectuales 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 86 sitios activos, que se muestran en la Figura 10.23.

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).

Figura 10.23 Sitios *I-Corps* de la NSF activos actualmente

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

En la última década y como respuesta a la pérdida de empleos en manufactura debido a la competencia internacional, se creó la Red Nacional para la Innovación en la Manufactura como un conjunto de institutos de investigación para desarrollar y comercializar tecnologías industriales a través de la cooperación entre empresas, universidades y agencias del gobierno federal. Los institutos catalizan la cooperación entre las empresas y los investigadores de universidades y laboratorios federales para desarrollar rápidamente ideas e invenciones en productos y procesos que pueden ser utilizados por los fabricantes de EE.UU. En 2016, la red estaba compuesta por nueve instituciones, y en 2017 se planificó abrir otras seis. El proyecto fue desarrollado siguiendo el ejemplo del Instituto Fraunhofer, fundado en 1949 en Alemania.

El sistema universitario de EE.UU es la envidia del mundo. A pesar de que sus estudiantes de secundaria rankean relativamente bajo en las pruebas PISA de 2013 (puestos 36 en matemáticas y 28 en ciencias, de un total de 64 países), casi dos tercios de los graduados de secundaria ingresan a alguna de las 4.000 universidades o 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.

Pero uno de las claves del éxito es la gran inversión del sector privado en I+D, que representa el 75% del total nacional. De las 20 empresas con mayor inversión en I+D a nivel mundial, 11 están basadas en EE.UU. Esto se hace principalmente de dos formas: la inversión de las grandes corporaciones a través de sus unidades de I+D, y la creación de nuevas empresas o *startups* con capital de riesgo[11]. Aunque números precisos son difíciles de obtener por ser inversión privada, se calcula que solo el capital de riesgo colocó unos $59.000 millones de inversión en 2016 y creó unas 4.000 empresas nuevas[12]. La mayoría de esta inversión se hace en empresas de hardware, software e Internet. Con este tipo de inversión como motor,

11 El capital de riesgo se define como la inversión temporal de capital en empresas nuevas e innovadoras que se destacan en el mercado y que no cotizan públicamente en la bolsa de valores.

12 https://www.statista.com/statistics/277506/venture-caputal-investment-in-the-united-states-by-sector/

las empresas de EE.UU. siguen siendo las más innovadoras en el mundo: atraen al mejor talento humano del mundo, logran el mayor número de patentes, reciben la mayoría del capital de riesgo, y tienen mejores las valoraciones de bolsa (Schwab, 2016).

La estructura de las instituciones y programas de I+D, el financiamiento y la administración para estimular la innovación está fragmentada en una gran cantidad de agencias federales y estatales, muy diversa y orientadas a temas específicos (e.g., semiconductores, biotecnología, manufactura, salud). Cada administración genera, como respuesta a diferentes retos y condiciones internacionales, nuevos programas o agencias que se agregan a esta estructura ya existente. Por ejemplo, la administración Bush propuso la Iniciativa para la Competitividad Americana, que incluía tres políticas públicas enfocadas en tecnología de combustible de hidrógeno, tecnología de la información sanitaria y tecnología de banda ancha. Además se propuso duplicar el financiamiento la innovación en agencias federales, modernizar la investigación y los incentivos fiscales para la experimentación, fortalecer la educación de matemáticas y ciencias en primaria y secundaria, reformar el sistema de capacitación de la fuerza de trabajo, y reformar los esquemas de inmigración para retener a los trabajadores extranjeros altamente calificados, aunque ninguna de estas iniciativas se haya implementado completamente. Posteriormente, la administración Obama invirtió $37.000 millones en energías limpias y propuso la iniciativa *Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies* (BRAIN) para mapear el cerebro humano, la Iniciativa de Medicina de Precisión, que incluye un estudio ambicioso de registros de salud e información genómica de un millón de personas en los Estados Unidos, y el *Cancer Moonshot*, una propuesta de $1.000 millones de dólares para duplicar el ritmo de la investigación del cáncer en cinco años. Todo esto refleja un crecimiento orgánico más que una estrategia planificada de largo plazo. También, a través del tiempo el foco de atención de la inversión federal en I+D ha pasado de las ciencias puras e ingenierías en el marco de la guerra fría a otras áreas tales como ciencias médicas, energía y medio ambiente.

El tamaño del país y su exigente mercado de consumo, la gran inversión en TIC que hacen las empresas, la gran industria de defensa militar que apoya la I+D, el sistema universitario de primer nivel, la gran disponibilidad de capital de riesgo, el apoyo federal y estatal, el sistema de leyes y regulaciones antimonopolio y de protección de la propiedad intelectual, el aporte de los inmigrantes altamente calificados, y la envidiable cultura de empresarialismo asentada en la anuencia a tomar riesgos, hacen del sistema de innovación de EE.UU. uno de los más dinámicos del mundo.

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 estrategia nacional, sino más bien un crecimiento orgánico a través del tiempo, especialmente a partir de 1945. Sin embargo, tanto las políticas federales como la inversión en I+D e innovación se han ido debilitando en comparación con otras naciones (Simons et al., 2010). El reto de este país para no perder su liderazgo mundial es evolucionar su sistema nacional de innovación y adaptarlo a una economía más globalizada donde el conocimiento también se genera de manera significativa en otros países.

10.2.2 Corea del Sur

Población (millones)	50.5
PIB (miles de millones US$) (2016)	1.404
PIB per capita, PPP$ (2016)	36.511
Clasificación país	Ingreso alto
Región	Asia pacífico
Inversión en I+D (% PIB) (2015)	4,23
# investigadores/millón hab. (2015)	7.087
Posición en el GII (2017)	11

El sistema nacional de innovación coreano se caracteriza por una gran inversión nacional, un gran número de actores tanto públicos como privados, y un muy alto grado de coordinación y gobernanza (Schlossstein y Reichartshausen, 2007). Corea del Sur sigue una gobernanza de la innovación "contra la corriente" que se refiere específicamente a los instrumentos y mecanismos de establecimiento de prioridades, coherencia de políticas y aprendizaje institucional. Su cultura vertical y una visión de largo plazo debidamente consensuada facilitan la implementación de las políticas y estrategias a través de un vasto número de actores.

Concebido originalmente en los 1960s como una estrategia para cerrar la brecha con los países industrializados, actualmente su sistema nacional de innovación ha evolucionado significativamente hasta alcanzar un nivel de madurez que sobrepasa la media de los países de la OECD. Uno de los primeros pasos fue fortalecer el sistema de educación superior mediante la fundación de universidades de investigación especializadas tales como el Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología Coreano (KAIST), el ETRI en electrónica, y el KISTI en tecnologías de información. Paralelamente, el país ha sostenido una estrategia de enviar sus mejores recursos humanos a obtener grados avanzados en ciencia y tecnología en países occidentales. Ambas estrategias le han permitido crear una gran capacidad humana en ciencia y tecnología logrando así alcanzar la suma de 7.000 investigadores por cada millón de habitantes, uno de los más altos del mundo.

El Ministerio de Ciencia y Tecnologías de la Información y Comunicación (MSIP) es el encargado de definir y coordinar la política científico-tecnológica del país mediante planes quinquenales. Bajo su rectoría existen varios comités y consejos asesores, agencias, centros de pensamiento, institutos de investigación, universidades, y otras instituciones regidos por una gran colección de leyes, algunas de ellas de reciente promulgación.

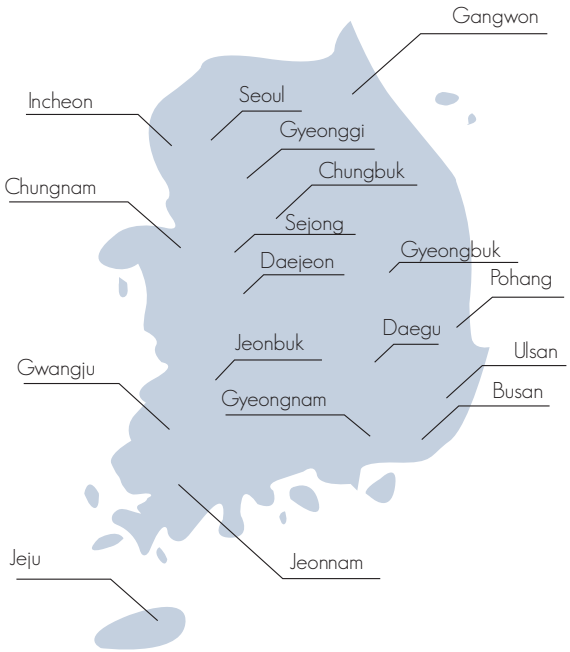

Figura 10.24 Ubicación de los 18 centros de economía creativa de Corea

Fuente: http://policy.creativekorea.or.kr/eng/

Corea del Sur ha seguido una estrategia exitosa mediante el impulso de clústeres industriales (e.g., acero, petroquímicos, semiconductores) que han originado a sus grandes corporaciones, de políticas regionales para impulsar la creación de parques industriales y ciudades científicas tales como Pangyo y Daejon, de grandes inversiones públicas en tecnologías convergentes estratégicas (e.g., nanotecnología, biotecnología), y también se ha enfocado en la innovación verde (e.g., energías limpias). Todo esto lo ha hecho el gobierno con coparticipación bastante alta del sector privado.

La falta de recursos naturales ha obligado a Corea del Sur a construir su prosperidad económica a partir del conocimiento (Gupta et al. 2013). Además, dado que la inversión extranjera directa en el país es muy baja (menos del 0,5% del PIB), lo ha tenido que compensar con una gran inversión en I+D que en 2015 fue de 4,23% del PIB. Mediante una estrategia dinámica pero sostenida durante cinco décadas, al inicio con préstamos internacionales y luego con ahorro interno, el país ha logrado un inmenso éxito en el crecimiento de su economía a través de la innovación hasta convertirse hoy día en un país de ingreso alto. A través de la masiva inversión en I+D dirigida por el estado hacia sectores e industrias claves de la economía y hacia mejorar el sistema de educación superior, y con ayuda del sector privado, este país ha desarrollado una sólida capacidad de ciencia y tecnología.

A nivel corporativo la economía es altamente concentrada en los llamados *chaebols* o corporaciones exportadoras, tales como Samsung, Hyundai, POSCO y LG, empresas de clase mundial. A través del tiempo, estas compañías se han movido de crear innovaciones tecnológicas seguras e incrementales hacia la innovación basada en la ciencia de vanguardia mediante la adopción de prácticas y tecnología de empresas occidentales. Al principio lo hicieron copiando diseños industriales mediante la ingeniería inversa y así fueron adquiriendo el conocimiento y las técnicas para fabricar productos cada vez de mayor valor agregado. Seguidamente, fueron mejorando incrementalmente tales productos incorporando nuevas funcionalidades, y actualmente mediante grandes inversiones en I+D están a la vanguardia en industrias claves tales como TIC. Actualmente, el sector privado contribuye aproximadamente el 70% de la inversión nacional en I+D y el gobierno el 25%.

Para fomentar una economía más emprendedora y no depender tanto de las grandes corporaciones, en 2014 el gobierno de Corea del Sur lanzó la iniciativa de los Centros de Economía Creativa (CEC) como una asociación público-privada entre el MSIP y las corporaciones. Son centros de innovación tecnológica donde convergen la ciencia y la tecnología con la industria para crear nuevos emprendimientos de base tecnológica. Cada CEC es auspiciado por una gran corporación y co-financiado por el gobierno. A la fecha, los CEC han apoyado a más de 2.800 *startups* y pymes, han atraído más de $250 millones en inversiones de capital de riesgo y han creado más de 1.300 nuevos empleos[13]. La Figura 10.22 muestra la ubicación de los 18 CEC creados a la fecha donde se ofrecen servicios de apoyo administrativo y legal, prototipado, atracción de inversores, y apoyo a mercadeo y ventas.

Corea del Sur está ahora tratando de migrar su innovación desde una inversión más orientada a la innovación empresarial con resultados comercializables, hacia una investigación básica más orientada hacia la ciencia más transformacional (Gupta et al., 2013).

Población (millones)	3.4
PIB (miles de millones US$) (2016)	52.4
PIB per capita, PPP$ (2016)	21.506
Clasificación país	Ingreso alto
Región	América Latina y Caribe (LAC)
Inversión en I+D (% PIB) (2015)	0,34
# investigadores/millón hab. (2015)	524
Posición en el GII (2017)	67

10.2.3 Uruguay

En la última década Uruguay ha pasado por un proceso profundo de reforma a su sistema nacional de innovación. En 2004 hizo un diagnóstico comprensivo de la situación de la ciencia y tecnología en el país y se determinan los siguientes cuatro problemas:

1. Falta de articulación y coordinación de los diversos actores institucionales, involucrados en la generación de nuevo conocimiento, que son básicamente públicos. Demasiados actores dispersos y con poca interacción entre ellos.

2. Escasa demanda de ciencia y tecnología proveniente del empresariado nacional.

3. Magra inversión nacional, pública y privada, en Actividades de Ciencia y Tecnología

4. Falta de una política de Estado en la ciencia y tecnología, Inexistencia de un plan estratégico de Investigación e Innovación, que impulsado desde el gobierno, fuera sentando las bases para una la implementación de políticas específicas.

Con base en este diagnóstico, este país plasmó en 2006 una reforma profunda de su sistema nacional de innovación que incluyó una rediseño institucional importante. Ente las principales reformas estructurales sobresalen:

- La creación del Gabinete Ministerial de Innovación (GMI), compuesto por seis ministros un organismo político del más alto nivel al que le compete la fijación de los lineamientos políticos y estratégicos en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación. Está compuesto por Ministro de Educación y Cultura, que lo preside, y los Ministros de Ganadería Agricultura y Pesca; de Industria, Energía y Minería; de Economía y Finanzas y el Director de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, y el Ministro de Salud Pública. Esta conformación de tipo transversal reconoce el carácter multidisciplinario y la complejidad institucional de los asuntos que aborda, además de que brinda apoyo y voz política de peso en las decisiones gubernamentales.

- La reforma al Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (CONICYT), originalmente creado en 1961, al que se le redefinió su estructura de gobernanza y sus objetivos. Se le asignaron roles en el seguimiento de los programas de la ANII y la homologación de sus comités técnicos y en la designación de dos de los siete integrantes del Directorio de la ANII.

13 http://policy.creativekorea.or.kr/eng/

- La creación de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) y se le transfirieron instrumentos para impulsar la innovación, tales como el Sistema Nacional de Becas y el Sistema Nacional de Investigadores. La ANII fue creada como una institución de derecho público no estatal que se rige como una institución privada pero a la vez es receptora de fondos presupuestales públicos siendo supervisada por el GMI y monitoreada ex-post por los organismos de control del Estado.
- La instalación de nuevas instituciones científico y/o tecnológicas (Instituto Pasteur, Centro Uruguayo de Imagenología Molecular CUDIM) y la creación de parques tecnológicos (Parque Científico-Tecnológico de Pando; Parque de las Ciencias).
- La creación del Sistema Nacional de Investigadores como un sistema de incentivos a la comunidad científica del país y el portal TIMBO para proporcionar acceso a la literatura científico tecnológica a toda la comunidad.

La Figura 10.25 muestra la arquitectura institucional producto de la reforma. El Gabinete Ministerial de Innovación es el órgano político de mayor jerarquía y la ANNI y el Conicyt son las dos agencias principales mediante las cuales se implementan las políticas públicas, definidas en el PENCTI.

En los últimos 20 años la inversión de Uruguay en I+D ha sido cuantiosa, incluyendo los siguientes préstamos:

- 1998: Programa BID-MGAP (PSA) de $50 millones.
- 2001: Programa BID-MEC (PDT) de $50 millones (recortado en 2002 a $33 millones).
- 2017: UR-L1142 Proyecto de Innovación Empresarial y Emprendimiento de $25 millones.

Entre préstamos y presupuesto propio solo la ANII ha ejecutado unos $279 millones entre 2007 y 2017 con más de 6.000 proyectos aprobados (una tasa de aprobación cercana al 60% de las propuestas enviadas), más de 3.500 becarios, 1.700 investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores, 6 incubadoras y más de 480 proyectos de emprendimiento apoyados. Con únicamente 66 funcionarios, el presupuesto anual operativo de la ANII es de unos $19 millones, que representa el 14% de la inversión pública total en I+D, es decir, que su protagonismo ha tenido que ver más con su accionar que con su contribución monetaria directa (Rubiano, 2014).

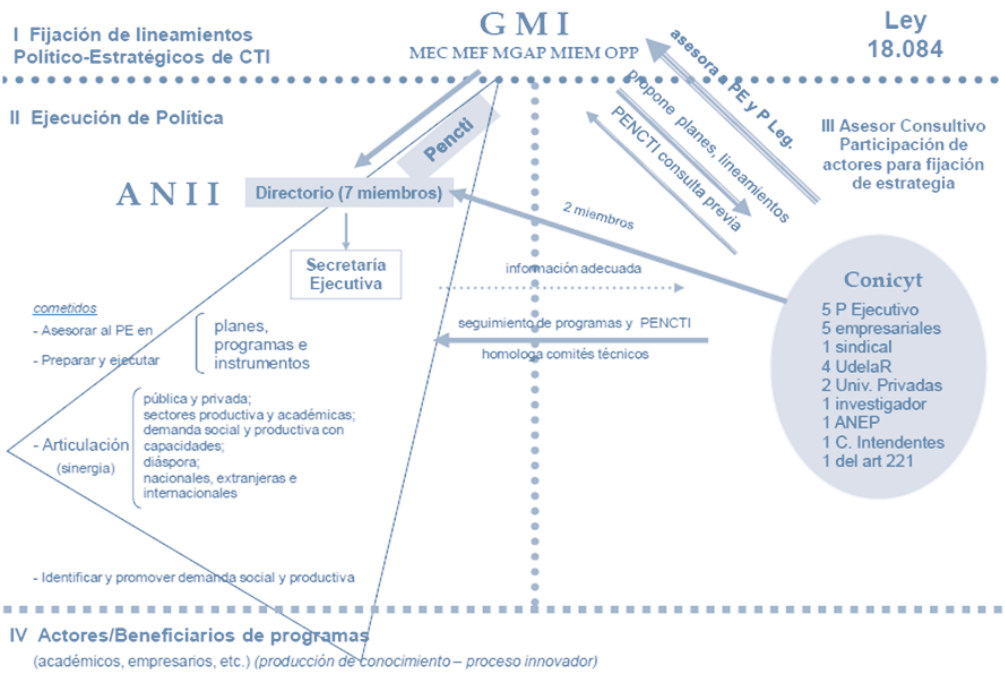

Figura 10.25 Arquitectura institucional producto de la reforma en Uruguay

Fuente: Rubiano (2014).

Más allá de la ANII, en este periodo se han creado cinco centros tecnológicos sectoriales:

1. Centro Tecnológico Ovino (CTO)
2. Centro de Aplicaciones de las TIC a sectores verticales (ICT4V)
3. Centro Tecnológico de la Industria del Plástico (CTP)
4. Centro Tecnológico de Procesos Fermentativos
5. Centro Tecnológico del Agua.

Además, se crearon dos parques tecnológicos:

1. Parque Científico-Tecnológico de Pando, soporte financiero brindado por la cooperación europea. Su infraestructura está en pleno desarrollo.

2. LATU. Incluye la incubadora de empresa Ingenio, y otras estructuras de servicios de apoyo (como ser TIC). Es el parque tecnológico más desarrollado hasta el momento.

Los parques tecnológicos más exitosos y que tienen mayor viabilidad no son aquellos que se originan desde el ámbito científico-académico (lado de la oferta), sino los que surgen como demandas concretas, tecnológicas y/o territoriales, desde el sector empresarial en relación a instituciones ya instaladas (lado de la demanda).

Asimismo, fueron fuertemente financiadas la creación y el desarrollo de dos nuevas instituciones: el Instituto Pasteur de Montevideo (IPM) y el Centro Uruguayo de Imagenología Molecular (CUDIM).

Adicionalmente Uruguay tiene 6 fondos horizontales y sectoriales que ejecutan unos $11 millones al año en proyectos de investigación e innovación. Los primeros Fondos Sectoriales convocados en 2009 fueron los de Energía, Salud e Innovagro.

La elaboración del Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCTI) duró 5 años, y se aprobó en el 2010. Está organizado en 3 grandes bloques de políticas e instrumentos:

1. Fortalecimiento y orientación de la investigación (Sistema Nacional de Investigadores, Sistema Nacional de Becas; Programas de Posgrados nacionales y de Formación Técnica Terciaria, estímulo a programas de Movilidad de investigadores y estudiantes y de vinculación con la Diáspora científica).
2. Estímulo a la innovación empresarial y a la articulación entre oferta y demanda (programas individuales de innovación empresarial y de asociatividad, articulación público-privado, centros mixtos y/o consorcios, programas de conglomerados y clusterización, polos tecnológicos).
3. Fortalecimiento de la nueva institucionalidad y apoyo a políticas públicas de CTI (resideño institucional, programas de popularización de la ciencia, creación de un observatorio de CTI que sería responsable del relevamiento, monitoreo y evaluación externa de instituciones, programas planes y que aportara insumos y análisis prospectivos para la política pública).

Por otro lado, la ley de promoción de las inversiones de 1998 promueve la inversión en I+D+i y producción más limpia mediante incentivos fiscales.

El papel del Conicyt en el período tuvo solo cierta relevancia en la fase final de elaboración del PENCTI. Posteriormente su rol ha quedado básicamente circunscripto a la designación de dos de los directores de la ANII y al control externo de los procedimientos concursables de la misma. El observatorio del CTI nunca se creó, y ahora quizás tenga más vigencia que antes.

Ahora, la inversión de Uruguay en I+D era del 0,21% del PIB en el 2005, y ha llegado a ser el 0,34% del PIB en 2015, pero es interesante notar que debido al incremento del PIB durante este período, la porción del gasto público no ha aumentado de modo tan significativa.

El GMI no ha logrado asumir un protagonismo público como tal y su actividad ha ido decayendo con la concomitante pérdida de la transversalidad alcanzada al inicio. Tampoco funcionó su equipo operativo que pudiera subsanar de alguna forma, ese vacío institucional.

La ANII ha logrado en una década en instalarse y consolidarse como institución con ascendente eficacia y eficiencia en las funciones atribuidas por la ley, en gran medida por su capacidad de despliegue exitoso de ciertos instrumentos.

En términos de I+D, se ha mejorado la cantidad del capital humano y su reproducción académica, la infraestructura en casi todas las áreas, y la producción de conocimiento (medida como el número de publicaciones indexadas de 661 publicaciones en 2004 a 1.339 en 2015 de acuerdo a Scopus).

En innovación empresarial, empresas o nuevos empresarios con un proyecto con mérito innovador y un plan de negocios adecuado pueden obtener apoyo estatal para compartir el riesgo de llevarlo adelante. Sin embargo, en términos de promoción de la innovación empresarial no se han logrado resultados ni tan rápidos ni tan firmes como los observados en la promoción de la investigación. Es decir, no aparenta haberse provocado un cambio sustantivo en la conducta innovadora de las empresas a juzgar por la baja pro actividad observada.

10.3 EL SISTEMA DE INNOVACIÓN DE COSTA RICA

Población (millones)	4,9
PIB (miles de millones US$) (2016)	57
PIB per cápita, PPP$ (2016)	15.482
Clasificación país	Ingreso medio alto
Región	América Latina y Caribe (LAC)
Inversión en I+D (% PIB) (2015)	0,58
# investigadores/millón hab. (2014)	573
Posición en el GII (2017)	53

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

1. El *Atlas para la Innovación en Costa Rica* publicado por el Micitt en 2008 (Micitt 2008*)*.
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).

10.3.1 Atlas de la innovación

En 2008 el Micitt coordinó un esfuerzo que culminó en la publicación del *Atlas para la Innovación en Costa Rica* (Micitt 2008). Este informe es el producto de la Comisión de Innovación organizada por el Micitt hace una década. Mediante mapas conceptuales describe los componentes (actores, roles e interacciones) principales del sistema de innovación en Costa Rica. Este mapeo de actores fue muy valioso para entender el sistema nacional, sus fortalezas y debilidades.

Se identificaron 5 debilidades que se llamaron barreras para la innovación y se propusieron líneas de acción para atacarlas. La Tabla 10.7 describe las barreras identificadas y las propuestas de mejora hechas en el informe, y analiza la situación actual una década después.

Tabla 10.7 Análisis de las propuestas del Atlas para la Innovación a finales de 2017

Área	Barrera	Propuesta original	Hechos relevantes (2007-2017)	Situación actual (2017)
ESTRATEGIA	Falta una visión estratégica y sistémica de la innovación.	Creación de un Centro de Pensamiento Acción (CPA) que defina una estrategia nacional de innovación que incorpore esfuerzos estratégicos como la Estrategia Siglo XXI. Este centro es para que analice y recomiende estrategias al órgano de gobierno y coordinación del sistema de innovación, como unidad de planificación estratégica. La estrategia debe incluir: • Estrategia PYME • Estrategias regionales • Estrategias sectoriales • Estrategias de I+D+i multisectorial	Un CPA nunca se creó como tal. El Micitt elaboró el Plan Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación 2015-2021[1] que colocó la innovación a la par de la ciencia y tecnología por primera vez. En 2017 el Micitt publicó la Política Nacional de Sociedad y Economía Basadas en el Conocimiento, estrategia que impulsa la formación del capital humano, promueve la excelencia científica en la investigación y desarrollo, dirige la innovación empresarial y social así como el impulso a la política nacional digital. Se creó el portal http://www.innovacion.cr/ entre el Micitt y otros actores del ecosistema. Desde el 2008 el Micitt publica anualmente el Informe de indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación. En 2011 se creó el "Consejo Presidencial de Competitividad e Innovación". Hoy sesiona en dos consejos separados: • Competitividad. • Innovación y talento humano. Se aprobó el Programa de Innovación y capital Humano para la Competitividad (PINN) a cargo del Micitt como préstamo del BID por $35 millones. En 2017 la OECD hace el informe de innovación de CR.	Avance: satisfactorio. Aunque el CPA nunca se creó como tal, sí existe una política nacional de innovación y un Consejo Presidencial de Innovación y Talento Humano. El MICITT como rector de la innovación ejecuta programas para incentivarla. Hay poco financiamiento para los programas de innovación permanentes del Micitt. El PINN ha subsanado esta debilidad temporalmente.

Continuación Tabla 10.7

CATALIZACIÓN	Faltan vehículos especializados para el desarrollo de OPIs (oportunidades para innovar).	Formación de gestores tecnológicos en aspectos como gestión de proyectos, técnicas de evaluación tecnológica, transferencia de tecnología y propiedad intelectual, alianzas tecnológicas, incubación de emprendimientos y gestión de la información tecnológica. Creación de entidades de enlace (intermediación) transectoriales, como interface, es decir, el de vehículos de entendimiento, y proporcionan servicios de facilitación de gestión, incluidos: el acceso a información tecnológica relevante, el encauzamiento o canalización de demandas hacia ofertas potenciales y viceversa, la conceptualización, elaboración y gestión de proyectos e iniciativas tecnológicas, la evaluación tecnológica y el asesoramiento en materia de propiedad intelectual y transferencia de tecnología. Creación de centros tecnológicos sectoriales especializados (institutos públicos, privados o mixtos) con proximidad a los grupos productivos.	El Micitt capacita personas como gestores de innovación. Creación de la incubadora AUGE en la UCR. Creación de la incubadora Open Future en el Cenat (en asociación con la empresa Teléfonica). Implementación de la plataforma Hipatia por parte del Programa del Estado de la Nación (Conare). Apertura de la Maestría en Gestión de la Innovación Tecnológica en la UNA. Creación de Cenibot (biotecnología) y PRIAS (sistemas geográficos. Estos centros se unen a otros ya existentes con anterioridad, tales como Lanotec (nanotecnología), INTA (agricultura) y CITA (tecnología de alimentos), Corbana (banano), Laica (caña de azúcar), Icafé (café).	Avance: parcial. La oferta de capacitación en gestión de la innovación es aún incipiente, y con financiamiento escaso en el caso del Micitt. Existe una mezcla interesante de entidades de enlace sectoriales. Falta de financiamiento público permanente para creación de centros tecnológicos sectoriales. Carencia de estímulo financiero y fiscal para el desarrollo de los centros tecnológicos. Escaso recurso humano capacitado en gestión de la innovación.

Continuación Tabla 10.7

FINANCIAMIENTO	Carencia de un sistema de apoyo financiero-fiscal a la I+D+i.	Creación de la Red Nacional de Fondos para la I+D+i, articulada con una la Red de Facilitadores e Intermediarios no Financieros Acreditados. Aprobación de la Ley de Banca de Desarrollo. Creación de incentivos fiscales y no fiscales que apoyen, fomenten y potencien los procesos de innovación. Creación de la Industria de Capital Riesgo.	Creación en el 2008 del Sistema de Banca para el Desarrollo (SBD) mediante ley No. 8634. Aprobación en 2014 de la Ley de Garantías Mobiliarias. N° 9246. Micitt publica indicadores de innovación desde el 2008. Propuesta en 2016 de la ley de creación de la Agencia Costarricense de Fomento Productivo, Innovación y Valor Agregado (Fomproduce) expediente 19822.	Avance: insatisfactorio. Los fondos públicos existentes están en al menos cuatro programas públicos dispersos en diferentes ministerios (MAG, Micitt; MEIC, INA), son rígidos e insuficientes. No existe una red de facilitadores e innovación debidamente acreditados. El SBD no ha tenido impacto en el sistema nacional de innovación. No hay incentivos fiscales para la estimular la inversión en innovación. El país no cuenta con una sólida industria de capital de riesgo. Muchas empresas de innovación se tienen que financiar en el exterior. La ley de Garantías Mobiliarias no ha sido aplicada a derechos de propiedad intelectual tales como licencias o regalías, por parte de empresa de base tecnológica. El proyecto de ley de creación de Fomproduce no ha sido aprobado.

Continuación Tabla 10.7

ARTICULACIÓN	Deficiente desempeño sistémico de los diferentes actores y roles.	Monitoreo de indicadores con estándares internacionales que permita realizar una comparación con otros sistemas nacionales. Crear un Consejo Nacional de Innovación, con representación de los tres sectores estado-academia-empresa. Articulación de los actores del SNI mediante una red de redes.	Micitt publica indicadores de innovación desde el 2008. Se basa en el Manual de Oslo de la OECD (OECD 2005a). El informe de la OECD sobre política de innovación se presentó en 2017. En 2011 se creó el "Consejo Presidencial de Competitividad e Innovación" con participación tripartita. Se creó el portal http://www.innovacion.cr/ entre el Micitt y otros actores del ecosistema.	Avance: satisfactorio. Se cuenta con indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación anuales desde hace una década. El Micitt gestiona la red redes de actores del SNI, quienes han participado activamente en el proceso de accesión a la OECD.
CULTURA	Falta desarrollar una mayor cultura y capital humano para el emprendimiento y la innovación.	Facilitar el proceso de creación de nuevas empresas. Definir e incluir valores de empresarialismo e innovación en el costarricense del siglo XXI. Mejorar la vinculación del sector productivo y el sector académico. Creación del premio nacional de emprendimiento e innovación.	Propuesta en 2016 de la ley de creación de la Agencia Costarricense de Fomento Productivo, Innovación y Valor Agregado (Fomproduce) Expediente Nº 19.822. Alternativamente, en 2017 se presenta el proyecto Ley de Fomento al Ecosistema Nacional e Innovación, Expediente Nº 20.155. Creación el programa NEXO en Conare como vínculo con los sectores productivos. En 2014 Micitt crea el programa RutaIN para jóvenes de secundaria. En 2013 la Cámara de Industrias de Costa Rica crea el Congreso de Innovación.	Avance: insatisfactorio. Ningún proyecto de ley sobre empresarialismo e innovación se ha aprobado a la fecha. La creación de nuevas empresas sigue siendo un proceso lento y complicado en nuestro país. No se ha incluido el eje transversal de emprendimiento e innovación en la educación pública costarricense. A nivel universitario se limita a las escuelas de negocios. El programa RutaIN del Micitt capacita únicamente a 30 jóvenes de secundaria por año. No existe actualmente el premio nacional de emprendimiento e innovación. La vinculación universidad-empresa en el tema de innovación sigue siendo muy escasa.

(1) http://micitt.go.cr/plan-nacional-2015-2021/2015022301/upload/plan-nacional.pdf
(2) https://www.micit.go.cr/images/politica-nacional-sociedad-economia-basadas-conocimiento/Politica-Nacional-de-Sociedad-y-Economia-basadas-en-el-Conocimiento.pdf
Fuente: elaboración propia a partir de Micitt (2008).

10.3.2 Estado de la ciencia, la tecnología y la innovación.

El informe es el primer estudio comprensivo sobre el estado de la ciencia y tecnología en el país. Fue elaborado en 2014 por el Programa del Estado de la Nación y en él se plantearon dos preguntas con respecto a la innovación:

Pregunta 19 del informe: ¿Provee Costa Rica un entorno favorable a la consolidación de emprendimientos basados en el uso del conocimiento endógeno?

> Es clasificada como área crítica. El análisis en profundidad de cuatro emprendimientos de base tecnológica muestra un entorno desfavorable para la consolidación de ese tipo de iniciativas, pese al alto nivel del conocimiento científico involucrado y la capacidad creadora de los emprendedores. Para esto se hizo un estudio de 4 casos recientes de emprendimientos basados en tecnologías, dos empresas biotecnológicas y dos de energías renovables, midiendo aspectos tales como acceso al financiamiento, apoyo de la academia, apoyo del gobierno, protección de la propiedad intelectual, e instituciones de enlace en el mercado. EL informe recomienda atender las debilidades mediante las siguientes acciones:

- Construir una base de datos de los emprendimientos de base tecnológica.
- Realizar investigaciones con diseños metodológicos que permitan la inferencia estadística.
- Establecer criterios comunes para estudiar los casos de innovación.
- Analizar casos que se hayan desarrollado antes y después de la modificación de normas relacionadas con el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, para obtener evaluaciones más precisas de los efectos de esos cambios.

Pregunta 20 del informe: ¿Brinda el perfil de las políticas en ciencia, tecnología e innovación una plataforma robusta para impulsar el desarrollo humano del país?

> Es clasificada como área en alerta. En los últimos años en Costa Rica se han formulado políticas y se han creado instituciones e instrumentos para tal fin. Hoy existen más políticas, más herramientas, más recursos que cinco o diez años atrás. Sin embargo, el perfil de las políticas públicas en esta materia no constituye una plataforma robusta para el avance de la CTI, y la información sobre su desempeño y resultados es escasa. En relación con América Latina y el Caribe, el último estudio comparado disponible señala que el portafolio de instrumentos para la CTI en Costa Rica es más limitado que el de las naciones más avanzadas de la región. Por otro lado, el vínculo entre las políticas de ciencia, tecnología e innovación y las de fomento productivo es débil. Es indispensable, por tanto, dirigir esfuerzos a la efectiva articulación de ambos tipos de políticas.

Entre los hallazgos más relevantes de este informe destacan los siguientes:

- La producción científica y tecnológica nacional se duplicó durante el decenio 2001- 2011, replicando la tendencia reportada para Iberoamérica.
- La tasa de crecimiento anual de la producción muestra un comportamiento cíclico que podría asociarse con los efectos esperados de una comunidad científica pequeña.
- Costa Rica ocupa una posición modesta con respecto a los principales países productores de conocimiento en Latinoamérica y el Caribe (LAC), en cantidad de publicaciones, pero lo que publica tiene un alto impacto.
- Aunque Costa Rica invierte más en I+D como porcentaje del PIB que otros países de LAC, su producción científica (por cada 100.000 habitantes) es menor que países tales como Puerto Rico, México, Chile y Uruguay.
- Costa Rica presenta un perfil similar a lo reportado para Iberoamérica, con una preponderancia en el número de artículos asociados a las Ciencias Biológicas y Médicas sobre otras disciplinas básicas como Química, Matemáticas y Física, así como las Ingenierías.
- La Universidad de Costa rica (UCR) es responsable del 46% de la producción científica del país.

- Cerca del 10% de toda la producción durante el decenio recae sobre 3 investigadores adscritos a dos instituciones relacionadas con el área de Biomedicina (Instituto Clodomiro Picado de la UCR y el Proyecto Epidemiológico Guanacaste de la Fundación INCIENSA del Ministerio de Salud).
- Menos del 3% de los grandes productores de conocimiento del país han generado una producción científica de alto impacto, considerado como un índice H superior a 35.
- El número de solicitudes de patentes de invención en el Registro Nacional de Costa Rica aumentan en un 175% durante la serie 2001-2012 a costa de los no costarricenses.
- El número de solicitudes de patentes a través del mecanismo *Patent Cooperation Treaty* (PCT) aumenta significativamente, con una importante contribución (71%), de parte de las universidades del CONARE. La producción de patentes por costarricenses, es mínima y se mantiene estancada.
- Las áreas en las que se patenta no coinciden con aquellas que el Estado considera estratégicas.
- En lugar de ser un acicate para la producción de conocimiento, los incentivos académicos privilegian la anualidad y la dedicación exclusiva.

De las siete áreas de intervención del Estado priorizadas por el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2011-2014, cuatro (Biotecnología, Salud, Capital Natural y Ciencias de la Tierra y del Espacio) se relacionan con las temáticas en las que el país genera más conocimiento. De las anteriores, Biotecnología y Salud, son áreas en que el país tiene una tradición de investigación más amplia. No obstante, es pertinente rescatar que Ciencias de la computación (600%), Ciencias de los Materiales (400%) y Ciencias de la Tierra y el espacio (343%) reflejan un importante crecimiento en la producción. Asimismo, las Ingenierías, disciplinas en las que se han realizado esfuerzos por aumentar el número de graduados, destacan con el mayor crecimiento de producción de conocimiento (800%) durante la década. La baja representación de temáticas más emergentes como Tecnologías Digitales, Nuevos Materiales y Energía, sugiere la necesidad de fomentar el aumento de la masa crítica de grupos de investigadores en esas áreas.

10.3.3 Informe del BID

En 2010 el BID elaboró un informe de evaluación del sistema de innovación costarricense y concluyó que tanto los esfuerzos de innovación, medidos como insumos dedicados a I+D, así como en los resultados obtenidos, Costa Rica muestra un desempeño menor de lo que se espera para países de ingreso similar (Crespi 2010). La única excepción son las exportaciones de bienes de alta tecnología, lo que en su gran mayoría aparece explicado por la llegada de un conjunto de empresas multinacionales de tecnología avanzada desde mediados de los 1990s.

El informe del BID cita cuatro causas profundas de esta situación:

1. Debilidades en el capital humano.
2. Pobre desarrollo financiero.
3. Débil protección de la propiedad intelectual.
4. Falta de competencia.

En estos cuatro factores Costa Rica se compara desfavorablemente en el contexto internacional. Persiste una brecha considerable de la inversión en I+D con respecto a lo esperado de acuerdo a estos determinantes. Los autores del informe argumentan que Costa Rica estaría en condiciones de incrementar rápidamente su inversión en I+D a alrededor de 0,9% del PIB -cifra consistente con su nivel de desarrollo- lo que requiere de una mejora en la oferta de recursos humanos avanzados y una mayor profundización financiera que la actual. Además, esto debe ir acompañado por reformas del sistema de propiedad intelectual, del ambiente general de negocios y fundamentalmente del marco institucional de apoyo a la CTI (Crespi 2010).

El informe recomendó especializar y fortalecer al Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) en aquello que lo distingue como una institución transparente y eficiente: la administración de instrumentos que promuevan la formación de recursos humanos avanzados y la promoción de capacidades de investigación. Por otro lado, se recomienda concentrar los programas de apoyo a la innovación empresarial en una Agencia Nacional de Innovación. A la fecha, ninguna de estas dos sugerencias se ha implementado.

10.3.4 Evaluación de la OECD

Como parte del proceso de acceso a la OECD, el Comité de Políticas de Ciencias y Tecnología (CSTP en inglés) evaluó el sistema nacional de innovación de Costa Rica (OECD 2017). Este proceso fue liderado por el Micitt y contó con una amplia participación de múltiples actores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación. Para lograr esta evaluación, se requirió preparar una serie de cuestionarios, la visita de una misión de técnicos de la OCDE al país que realizaron reuniones con alrededor de 35 instituciones, dependencias, academia y participantes del sector privado.

El examen evaluó áreas como: políticas y buenas prácticas sobre la promoción de la cooperación tecnológica internacional para la atención de los grandes retos globales, el fomento de la investigación para un conocimiento científico y tecnológico accesible para todos y la innovación como vía hacia la siguiente revolución industrial basada en la bioeconomía, la sostenibilidad y las tecnologías convergentes.

El informe fue publicado en 2017 y hace cuatro grandes recomendaciones:

1. Fomentar la innovación para aumentar la productividad.
2. Fortalecer el compromiso a largo plazo con la ciencia y la tecnología.
3. Fortalecer la coherencia e implementación de las políticas.
4. Mejorar la base de información para la ciencia, tecnología e innovación.

El informe critica al país pues el crecimiento de la productividad ha sido bajo. Afirma que el fortalecimiento de las instituciones, el aumento de la competencia, la promoción de la innovación y el acceso a las finanzas y la infraestructura de transporte son fundamentales para mejorar la productividad. Esas reformas deben ir juntas para hacer de Costa Rica una sociedad más inclusiva mejorando la calidad de la educación y reduciendo las desigualdades de género.

Se hace en el informe un análisis de FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) del sistema de innovación nacional. Como fortalezas más importantes destaca la situación geográfica y la integración con América del Norte, la estabilidad macroeconómica, una base importante de empresas transnacionales en manufactura y servicios, y una base exportadora muy diversificada Como principales debilidades citan la baja prioridad que tienen la ciencia, la tecnología y la innovación en la agenda nacional, el traslape y fragmentación de las instituciones del sector, la mala gobernanza en el tema de innovación, la ineficiencia en la asignación de recursos, el incumplimiento de las leyes de propiedad intelectual, y la ausencia de instituciones intermediarias entre la oferta de ciencia y tecnología y la demanda del sector privado (excepto en agricultura).

Adicionalmente, la OECD propone en su informe una serie de acciones (mejoras) a implementar, las que incluyen: lograr un compromiso de largo plazo para la ciencia y tecnología e innovación y una mejor gobernanza en el desarrollo de las políticas, mejorar la rigidez institucional y el traslape de acciones entre ministerios y agencias, articular una política nacional de innovación con las demandas del sector productivo nacional, y fortalecer el capital humano.

Utilizando este informe de innovación como insumo además de otros, el Comité de Políticas en Ciencia y Tecnología (CSTP) de la OECD dio su opinión favorable para el ingreso de Costa Rica a dicha entidad.

El informe brinda insumos para fortalecer el Sistema Nacional de Innovación y sugiere entre otras cosas:

1. Crear un consejo de productividad, sobre la base del ya existente Consejo Presidencial de Competitividad e Innovación (CPCI).

El informe de la OCDE critica al país por el bajo crecimiento de la productividad

2. Hacer cumplir mejor e implementar los derechos de propiedad intelectual para promover el gasto en I+D de negocios.
3. Cambiar el gasto público en I+D en la educación terciaria y fortalecer los vínculos con empresas innovadoras locales.
4. Mejorar la coordinación de los programas públicos que promueven la innovación de las empresas locales y los vínculos con filiales extranjeras.
5. Eliminación de exenciones antimonopolio y habilitación de la comisión de competencia (COPROCOM).
6. Reducir las barreras al espíritu empresarial, mejorar el gobierno corporativo de las empresas estatales y crear un campo de juego nivelado entre los bancos estatales y privados.
7. Mejorar la infraestructura al reducir el número de agencias involucradas en el desarrollo de políticas y la ejecución de proyectos.

10.3.5 Informe de innovación y productividad del BID

En 2016 el BID encomendó un diagnóstico sobre el tema de innovación y productividad en Costa Rica para analizar los factores que influyen en la baja productividad del país con respecto a países más desarrollados (Monge 2016). Este informe fue elaborado con un enfoque economicista y señala que en la actualidad la economía de Costa Rica está creciendo principalmente con base en la acumulación de factores (mano de obra y capital principalmente) y no por aumentos significativos en la eficiencia y la productividad con la que se usan estos insumos. Además, tanto en términos de productividad como en términos de ingreso per cápita, Costa Rica está cayendo aún más atrás de países desarrollados miembros de la Unión Europea, de la OECD, y de otros países de mercados emergentes, algunos de ellos de América Latina.

Entre los más notables de estos desafíos identificados en este informe están:

1. Las pobres redes de cooperación entre centros de I+D, instituciones de educación superior e industrias.
2. La dependencia presupuesto del gobierno central.
3. La falta de un sistema de gestión para el desarrollo de negocios de alta tecnología.
4. La baja inversión en I+D que hace el país, la que apenas alcanza el 0,58% del PIB en el 2016.
5. La calidad y relevancia de tal I+D que se desarrolla. Para dar un dato actual, en 2015 Costa Rica obtuvo 22 patentes de nacionales y 159 de no residentes en el país (81 en total), para un coeficiente de invención (patentes/100.000 habitantes) de apenas 0,61, muy por debajo de su potencial.
6. La carencia de suficiente capital humano (científicos, ingenieros y técnicos) debido a las deficiencias en la cobertura y la calidad del sistema educativo.
7. Los bajos niveles de colaboración de las universidades en las actividades de innovación emprendidas por las empresas.
8. La falta de una cultura de protección para las empresas de la propiedad intelectual
9. La falta de acceso de las PYME a trabajadores altamente calificados
10. El subdesarrollo de instrumentos financieros para apoyar nuevas empresas e innovaciones.

10.3.6 Rol de las políticas públicas en la innovación

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 empresarialismo 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.

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

1. Un consenso público-privado de largo plazo sobre el apoyo y la renovación constante de las políticas de innovación.
2. 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.
3. Un esfuerzo gradual para mejorar las condiciones de estabilidad macro, apertura del comercio, balance fiscal, competencia, regulación y otros.
4. Apoyo creciente de las inversiones den ciencia y tecnología e innovación empresarial.
5. Implementación de instrumentos de políticas tales como transferencias, incentivos fiscales, programas de investigación por misión, y uso de compra pública.
6. Creación de capacidades institucionales de implementación, monitoreo, y evaluación.

La taxonomía de políticas de innovación propuesta por la OECD se muestra en la Figura 10.26.

Lo cierto es que en esta taxonomía de políticas, se puede escoger ir de una de tres formas:

1. Enfoque desde el lado de la oferta de servicios de innovación: producción directa del conocimiento principalmente universidades, laboratorios, institutos y otros centros de investigación. Este es el caso del proyecto BID I que se ejecutó en Costa Rica a finales de los años ochenta donde se construyó una importante infraestructura de investigación.
2. 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. El proyecto PINN del Micitt tiene el componente de subvenciones, no así del de créditos fiscales.
3. Enfoque sistémico, predominante desde el año 2000, muy enfocado a Pymes y a la absorción tecnológica por parte de estas. Costa Rica tiene al menos cuatro programa PYME a nivel nacional en cuatro instituciones diferentes (Micitt, MEIC, MAG e INA).

Algo a tener en cuenta es que el impacto de los programas de innovación empresarial son mucho más altos 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, 2010).

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

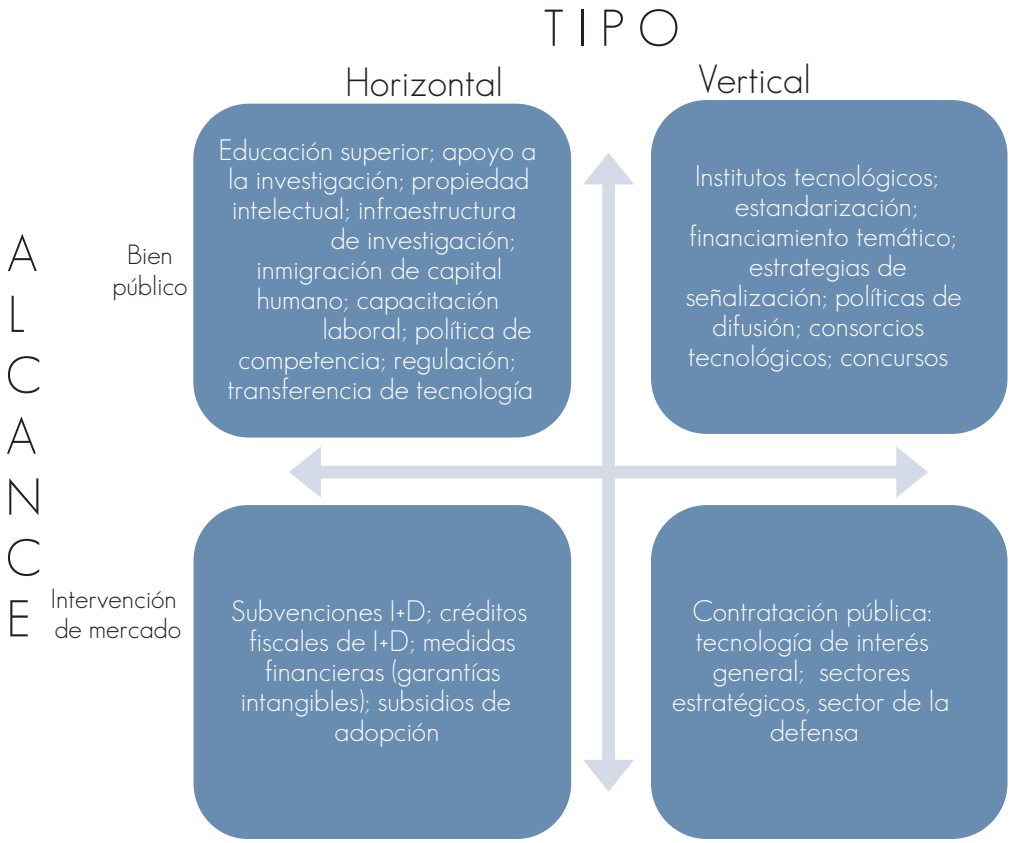

Figura 10.26 Taxonomía de políticas de innovación

Fuente: OECD 2005b.

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).

EN LAC Brasil destinó el 0,14% del PIB (2008) de recursos públicos a la innovación empresarial, el 70% en subsidios y el 30% en incentivos fiscales. Le siguen Chile y Colombia con el 0,04% del PIB. El país promedio de la OECD destina el 0,11 del PIB en estos rubros, unas cuatro veces el promedio en LAC, donde la mayoría viene por incentivos fiscales y casi nada por subsidios.

Por otro lado, los programas de transferencia tecnológica (PET) están diseñados para transferir nueva tecnología productiva desde afuera hacia adentro de la empresa, generalmente enfocada en Pymes. Estos programas también se han desplazado progresivamente hacia grupos (consorcios) de empresas por sector. Sin embargo, en LAC el porcentaje de empresas que reciben transferencia tecnológica es muy bajo. 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.

Otro punto es que hay que hacer una evaluación de impacto de estos programas. Ni el Micitt ni el MEIC han hecho una evaluación de impacto de sus programas Mipyme y Digipyme, por lo que no se tienen métricas de su eficacia. Por ejemplo, se puede determinar si los instrumentos utilizados por las empresas incrementan mediante el apalancamiento con fondos públicos 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 BID ha realizado

16 evaluaciones de impacto de diferentes programas 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%.

Las claves del éxito son crear capacidades institucionales para:

1. Establecer estrategias a largo plazo. Por ejemplo, crear un consejo permanente de innovación, tal y como tiene Costa Rica desde el 2010.
2. Coordinar las políticas de innovación, principalmente entre los ministerios y sus agencias.
3. Implementar las políticas, con unidades gestoras capaces y eficientes.
4. Monitorear, evaluar, y rendir cuentas de los proyectos implementados.

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.

Hay consenso que la creación de capacidades de investigación (infraestructura, educación) y recurso humano (lado de la oferta) deben se complementadas del lado de la demanda (las empresas) 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.

Especial atención deberían merecer programas que generan externalidades y difusión de la tecnología a grupos de empresas en sectores estratégicos de la economía.

En Costa Rica la política nacional de innovación la define el Micitt como ente rector de la innovación. Para tal efecto, el MICITT ha definido dos instrumentos de política pública: el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTI) 2015-2021, y la Política de la Sociedad y Economía Basada en el Conocimiento.

El PNCTI (MICITT 2015) define una política de innovación enfocada en la generación de productos de alta calidad y alto valor en mercados internacionales, cuyo objetivo es impulsar la implementación de nuevas ideas que generan valor compartido:

- Riqueza para emprendedores.
- Empleo de calidad para empleados.
- Valor para clientes y otros ciudadanos.
- Valor para el medio ambiente.

Por otro lado, la Política Nacional de Sociedad y Economía Basadas en el Conocimiento (Micitt 2017a), contemplado como un producto del PNCTI, define las 5 pilares y 15 líneas de acción hacia la sociedad del conocimiento. La construcción de este documento se realizó mediante un proceso de participación de los diferentes actores en varias etapas: del ámbito de la educación superior, gremios empresariales, y altos funcionarios del gobierno.

La política define tiene 5 pilares y 15 líneas de acción (3 para cada pilar), como sigue:

Primer Pilar Sinergia: **1.** Crear capacidades en los actores principales de la sociedad del conocimiento para colaborar en el logro efectivo de objetivos comunes. **2.** Ejecutar la toma de decisiones basada en datos y evidencia para la mejora continua**. 3.** Actualizar el marco jurídico del SNCTI a través de procesos colaborativos.

Segundo Pilar Sociedad: **4**. Integrar a la población de Costa Rica en la generación y difusión del conocimiento. **5.** Formar talento humano en ciencia, tecnología e innovación que fortalezca al sector productivo y creativo del país**. 6.** Vincular el talento humano que permanece en el extranjero a las redes nacionales de conocimiento.

Tercer Pilar Conocimiento: **7.** Generar conocimiento nuevo, basado en ciencia o tradición, con estándares de excelencia internacional. **8.** Ejecutar investigación y desarrollo tecnológico que atiende metas nacionales y globales del sector productivo y de la sociedad. **9.** Difundir el conocimiento generado por la cooperación entre disciplinas, sectores y países.

Cuarto Pilar Economía: **10.** Desarrollar cultura y capacidades para la innovación en el sector productivo con una perspectiva global. **11.** Aplicar el conocimiento de manera multidireccional y proactiva en procesos de innovación enfocados en las necesidades de la sociedad. **12.** Financiar en sus distintas etapas, de forma exclusiva e inteligente, proyectos de innovación para un desarrollo económico inclusivo y sostenible.

Quinto Pilar Tecnología Digital: **13.** Crear y mantener una infraestructura de telecomunicaciones robusta, escalable, e interoperable. **14.** Generar capacidades y habilidades en el uso de las tecnologías digitales por parte de todos los actores que integran la sociedad. **15.** Implementar un modelo de Gobernanza Digital cada vez más cercano a los ciudadanos, empresas y organizaciones.

Las 15 líneas de acción definidas en esta política deberán ser implementadas mediante los programas de innovación del Micitt con ayuda de los actores relacionados.

Estructura de los programas de innovación del Micitt

El Micitt es el ministerio que tiene la responsabilidad de coordinar con otros actores para definir políticas que impulsen la innovación en todas sus formas y velar por su adecuada implementación, y como tal, administra una gran parte de los fondos públicos no reembolsables disponibles para impulsar la innovación empresarial.

El Micitt desarrolla tres programas de innovación que se asemejan a las columnas de una casa, tal y como se muestra en la Figura 10.27. Se compone de un cimiento que le da solidez al edificio, tres pilares que impulsan proyectos de innovación con resultados en el corto, mediano y largo plazo, varias barras trasversales que sostienen y potencian a esos pilares, y un techo que representa el objetivo de trasformar al país en una economía basada en la innovación definido como la política. Los pilares de la casa de innovación son los programas Innolab, Huella Pyme y RUTAin.

La Tabla 10.8 resume los objetivos, la población meta, las principales actividades que se realizan y los resultados logrados a la fecha de cada uno de estos tres programas.

Estos tres programas del Micitt están bien concebidos y funcionan bien a pesar de ser relativamente nuevos. El problema es que los recursos disponibles son muy escasos (aproximadamente $0,5 millones al año), por lo que su impacto es muy pequeño a nivel nacional.

Adicionalmente, el Micitt cuenta desde el 2014 con el préstamo de la Ley 9218 “Programa de Innovación y Capital Humano para la Competitividad” (PINN), por un monto de $35 millones. Su objetivo es 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 se va notar en el sistema nacional de innovación a mediano y largo plazo. Tal y como muestra la Tabla 10.9, a noviembre de 2017 un total de 18 Pymes y 250 estudiantes de posgrado se han beneficiado de este programa.

Por otro lado, Costa Rica no cuenta actualmente con una agencia nacional de innovación. En vez de esto, existen actualmente cuatro programas dispersos en diferentes instituciones (Micitt, MAG, MEIC, INA), todos con fondos muy escasos y como poca coordinación entre ellos. Existen dos proyectos de ley alternativos para crear la agencia:

1. En 2016 el Poder Ejecutivo presentó el proyecto *Creación de la Agencia Costarricense de Fomento Productivo, Innovación y Valor Agregado (Fomproduce)* expediente Nº 19822, que propone esta agencia con una estructura de gobierno público-privado para centralizar los fondos y funciones actualmente dispersas en la administración pública. Su objetivo es facilitar el establecimiento de negocios y promover la innovación.
2. En 2017 varios diputados presentaron el proyecto alternativo *LEY DE FOMENTO AL ECOSISTEMA NACIONAL DE EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN*, expediente Nº 20.155.

Ambos proyectos, muy similares en sus objetivos pero con diferencias sustantivas en cómo implementar y financiar la agencia, se encuentran actualmente en trámite en la Comisión de Ciencia, Tecnología y Educación de la Asamblea Legislativa.

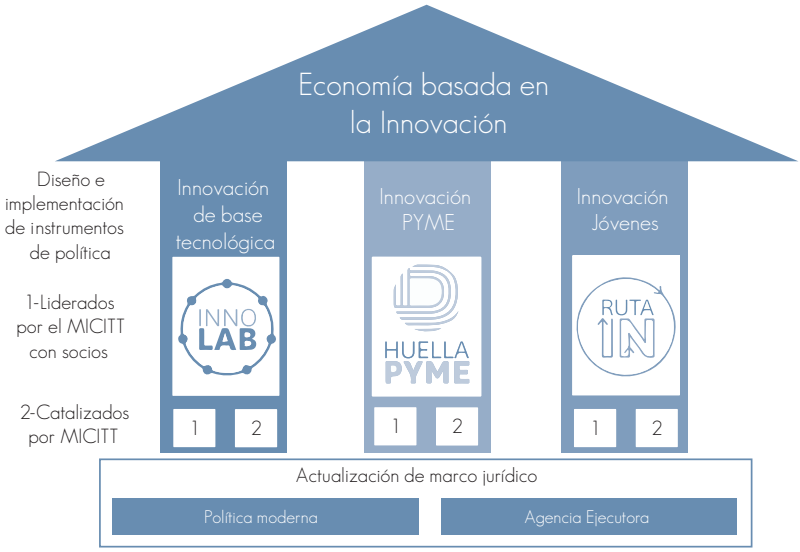

Figura 10.27 Estructura de los programas de innovación del MICITT

Fuente: Micitt, 2018.

Tabla 10.8 Descripción de los programas de innovación del MICITT

Programa	Objetivo	Dirigido a	Actividades	Resultados
INNO LAB	Apoyar a los mejores científicos, ingenieros, y emprendedores a desarrollar proyectos de innovación de base tecnológica	Emprendedores	Espacios de encuentro Formación y acompañamiento Fondos públicos y privados	5 eventos de vinculación universidad-empresa
HUELLA PYME	Apoyar a las PYMES a desarrollar proyectos de innovación que impulsen su productividad	PYMES	Impulso de innovación Fondos no re-reembolsables Acompañamiento con gestores	66 PYMES capacitadas
RUTA IN	Darle a jóvenes con vocación en C&T un espacio para la exploración a través de proyectos de innovación.	Jóvenes de 15 a 20 años	Estrategias de innovación Prototipado rápido Mentoría y trabajo en campo Habilidades blandas	90 jóvenes capacitados (2015-2017)

Fuente: elaboración propia con base en datos del MICITT.

Tabla 10.9 Resultados del PINN a finales de 2017

Componente	Monto (millones $)	Metas planificadas	Logros (al 30/ noviembre/2017)
Componente I: Inversión para la Innovación Empresarial.	$10,4		
Subcomponente I.1: Desarrollo de capacidades empresariales para la competitividad.	$4,0	100	18
Subcomponente I.2: Proyectos de Innovación y Transferencia Tecnológica	$5,4	85	0
Subcomponente I.3 Nuevas empresas de base tecnológica.	$1,0	20	0
Componente II: Capital Humano Avanzado para la Competitividad.	$23,5		
Subcomponente II.1 Programa de Calificación Profesional.	$2,7	300	0
Subcomponente II.2: Programa de atracción de talentos.	$1,2	40	0
Subcomponente II.3 Programa de formación de recursos humano avanzado	$19,6	161	250
Componente III: Gestión	$1,1		

Fuente: www.micit.go.cr

10.4 CONSIDERACIONES FINALES

Conclusiones y retos para Costa Rica

Mejorar el sistema nacional de innovación le puede ayudar a un país a soslayar el problema de la baja productividad y del bajo crecimiento económico, y 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.

La innovación es cada vez más global y las divisiones entre países de ingreso alto, que se rankean 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.

Retomemos las dos preguntas que nos planteamos al inicio de este trabajo:

¿Cuáles deberían ser las políticas públicas impulsadas por el Estado para mejorar el sistema de innovación nacional?

No hay una receta mecánica para crear sistemas de innovación exitosos, pero los incentivos empresariales y el "espacio para la innovación" siguen siendo importantes (Furman et al. 2002). El gasto absoluto en I+D o cifras absolutas en el número de investigadores nacionales, sobre el número de graduados en ciencias y en ingeniería o la generación de publicaciones, no garantizan por sí mismos la existencia de un sistema de innovación exitoso en un país. Con frecuencia, una mayor participación de graduados en ciencias e ingeniería, por ejemplo, se persigue como una panacea para crear sistemas de innovación exitosa pues los responsables de las políticas deben iniciar en alguna parte, y este factor es fácilmente medible. Sin embargo, la creación de sistemas de innovación exitosos --con sólidos insumos de innovación, sofisticados mercados, un sector negocios próspero y fuertes vínculos entre actores de innovación-- y la evaluación de su rendimiento, es más complejo que apuntar a aumentar una sola variable de entrada innovación.

Usando regresión logarítmica y estudiando el desempeño de 17 países a lo largo de 21 años, (Furman et al. 2002) concluye que la capacidad innovadora de un país es influenciada principalmente por los siguientes seis factores en orden descendiente de influencia:

PIB per cápita.

Número de científicos e ingenieros.

Inversión en I+D.

Esquema de protección de la propiedad intelectual.

% PIB invertido en educación

Apertura al comercio internacional.

Costa Rica evalúa bien en los dos últimos factores, pero no así en los cuatro primeros: con respecto al promedio de los 34 países de la OECD, nuestro PIB per cápita de $16.614 en PPP$ (país de ingreso medio alto) es apenas una tercera parte de aquellos, el número de científicos e ingenieros tendría que ser cuadruplicado para alcanzar promedios de la OECD, la inversión en I+D actual es apenas una cuarta parte, y el esquema de protección intelectual sigue siendo débil. Nos queda como país mucho trabajo por delante para mejorar estos factores que afectan nuestra capacidad innovadora.

¿Cuál debería ser la mejor estrategia para financiar los programas y proyectos que tales políticas promueven?

Cualquiera que fuera la política estatal a seguir, en el largo plazo ningún modelo de innovación en Costa Rica será exitoso sin un aumento considerable en el tamaño de la inversión actual en I+D, y especialmente en el sector productivo (público y estatal). Este aumento produciría un crecimiento cualitativo en las capacidades de investigación del país y pasa necesariamente por una inversión cuantiosa en el desarrollo del recurso humano nacional de alto nivel académico, la creación de centros e institutos de investigación especializados por sectores, atracción de universidades e investigadores extranjeros al país, y la creación de un clúster de investigación y desarrollo a nivel nacional en áreas estratégicas, tales como TIC y las ciencias de la vida (incluyendo salud, dispositivos médicos y biotecnología). El proyecto PINN del MICITT es un buen primer paso en esta dirección.

Pero, ¿para qué incrementar la inversión en I+D, digamos, al 1% del PIB? Para que Costa Rica sea más productiva y logre así un mayor crecimiento económico y una mayor prosperidad. En el período 2007-2016 esta inversión tuvo un incremento del 0,36% al 0,58% del PIB, un avance positiva en la dirección correcta, pero aún en niveles muy bajos comparados con los países de la OECD. Es claro que sin inversión en I+D es imposible obtener innovación de impacto, y la innovación tecnológica es clave para el desarrollo (Singer 2017). Es imperativo entonces mejorar el desempeño actual del país en este rubro.

Aumentar la inversión en I+D es actualmente el reto más importante para Costa Rica. Esto necesariamente debe venir del sector productivo, incluyendo tanto a empresas públicas como a compañías privadas (nacionales y transnacionales), pues el sector público está a su máxima capacidad en términos de inversión. Un agresivo plan de atracción de inversión extranjera directa en I+D puede ayudar a esto. Adicionalmente, los resultados de la investigación que se hace en el ámbito académico nacional debe necesariamente llegar en mayor cantidad al sector productivo del país, es decir, convertirse en verdadera innovación. Finalmente, se debe trabajar en investigación cofinanciada entre la academia y la industria, rompiendo esta barrera artificial entre las universidades y el sector productivo que nos aqueja actualmente. Lo cierto es que caer en la falsa dicotomía de priorizar la investigación científica académica sobre la innovación productiva, o viceversa, sería un error de política pública que llevaría a una árida y estéril confrontación entre grupos sociales. Es cierto que la escasez de recursos hace imperativo la priorización de los mismos y la focalización en áreas particulares, pero se debe encontrar la forma políticamente viable que ambas coexistan, pues son dos lados de la misma moneda. Una no se da sin la otra. El desarrollo científico no debe contraponerse al fomento de la innovación (CEPAL, 2014).

En cuanto al sistema nacional de innovación de Costa Rica, cualquier cambio al status quo implicaría una negociación política a múltiples bandas sobre la gobernanza de la nueva institucionalidad, donde se requiere diseñar un equilibrio entre los intereses del sector privado, los sindicatos, la academia y el gobierno. Una vez escogida e implementada la

institucionalidad adecuada al marco jurídico, ambiente político y realidad tributaria del país, se deben seleccionar los mecanismos de intervención, que incluyen fondos financieros, programas e instrumentos específicos de implementación de las políticas de inversión, así como asegurar la pronta y transparente ejecución de los mismos. Hay mucho que aprender de esto de países latinoamericanos como Uruguay, Chile, México, y Brasil, y de países OECD como Israel, Corea del Sur, Singapur y EE.UU. Además, un buen mecanismo de evaluación de impacto de estos programas e instrumentos debería implementarse con cierta periodicidad, digamos cada 5 años, para examinar la relevancia y eficacia de los mismos.

La inercia natural de mantener el status quo va en contra de modernizar la actual institucionalidad y gobernanza del sistema nacional de innovación. Por un lado el cambio de paradigma, que se debe hacer como producto de la renovación institucional, implica un cambio de enfoque. Por ejemplo, la comunidad académica puede sentirse relegada si el foco fuera reorientar la investigación científica académica hacia una investigación más orientada hacia la innovación productiva con coparticipación del sector productivo nacional, tanto público como privado. El sector académico público, autor del 85% de la investigación científica que se hace en el país, estaría perdiendo su dominio casi absoluto de la institucionalidad y de la inversión actual, y posiblemente vería esto como la intromisión de la industria en un nicho que reclaman como propio, sacrificando inversión en sus proyectos por inversión en investigación que tenga algún tipo de aplicación en el sector productivo, que a su vez podría verse como una flagrante intromisión en el autonomía universitaria. Si por otra parte no se hacen cambios necesarios, entonces el sector productivo no solo puede resentir su falta de participación en el sistema de I+D sino que no divisará los beneficios de la inversión que se hace en el mismo. La solución pasa por un acuerdo político balanceado, a la tica.

Las políticas públicas deberían fomentar la cultura de innovación e impulsar proyectos colaborativos entre empresas grandes y Pymes, son subvención estatal. Grandes empresas TIC lo hacen actualmente en varios países del mundo: Google e Intel practican este tipo de innovación a través de sus centros de incubación de *startups* en EE.UU., Samsung y Korea Telecom los hacen en Corea a través de sus centros de economía creativa, y la empresas Telefónica los está haciendo en Costa Rica a través de su programa de incubación *Open Future*.

Finalmente, Costa Rica debe poner el desarrollo de la economía digital al frente de la agenda país de innovación. En temas de educación, infraestructura, y capital humano, los recursos de inversión deben priorizar las tecnologías disruptivas, entre las que se encuentran las TIC. El desarrollo relativo de este sector de la economía favorecería esta política. La comunidad científica nacional debe "vender esta idea" a los tomadores de decisiones y más que una política de un gobierno debe ser una política de Estado de largo plazo, orientada siempre dentro del marco del PNCTI que está vigente hasta el 2021.

Marcelo Jenkins Coronas

Profesor catedrático en la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática de la Universidad de Costa Rica (UCR). Cuenta con más de 30 años de experiencia como docente e investigador, autor de más de 50 artículos técnicos en el campo y ganador del Premio Nacional de Ciencia y Tecnología 1997 por su trabajo "Applicación de Estándares de Ingeniería de software en Costa Rica".

marcelo.jenkins@ucr.ac.cr

REFERENCIAS

Alfaro, Ileana (2011). Sistema de Innovación, conceptos y aplicación. En *Conocimiento, Innovación y Desarrollo*, Rafael Herrera y José M. Gutiérrez (edts.). IGE Editorial.

ANNI (2017). *Memoria ANNI 2007-2017*. http://www.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/memoria-anii-2007-2017.pdf

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. (2014). *Understanding the U.S. National Innovation System*. ITIF. https://itif.org/publications/2014/06/30/understanding-us-national-innovation-system.

AUGE (2017). *Informe de labores*. http://www.augeucr.com/es.

Barriga, Alfredo (2016). *Futuro Presente*. Santiago, Chile.

Bettencourt, Lawrence A.; Ulwick, Antony W. (2013). The Customer-Centered Innovation Map. In *HBR´s 10 Must Reads: On Innovation*. Harvard Business Press.

Bosch, Jan (2017) *Speed, Data, and Ecosystems*. CRC Press.

Camacho, Michaela (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. (edts.) *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.

CEPAL (2013). *Economía digital para el cambio estructural y la igualdad*. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35408/1/S2013186_es.pdf.

Christensen, Clayton M.; Raynor, Michael (2003). *The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth*. Harvard Business School Publishing.

Christensen, Clayton M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail (Management of Innovation and Change).* Harvard Business Review Press.

Christiensen, Clayton M. *Where does Growth Come From?* Recuperada 25 setiembre 2017. https://www.youtube.com/watch?v=rHdS_4GsKmg, 8 ago. 2016.

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, Gustavo; Tacsir, Ezequiel (2012). ¿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 (edt.). Editorial Académica Española.

Crespi, Gustavo; Zuniga, Pluvia (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.

Crespi, Gustavo; Fernández-Arias, Eduardo; Stein, Ernesto (2014) ¿Cómo repensar el Desarrollo Productivo? Políticas e Instituciones Sólidas para la Transformación Económica. BID.

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 (edts.) (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.

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.*

Furman, J. L., Porter, M. E. and Stern, S. (2002). Understanding the drivers of national innovative capacity. *Research Policy*, 31, 899–933.

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). Handbook in Economics of Innovation, North Holland.

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.

Isaacson, Walter (2014). *The Innovators: How a Group of Hackers, geniouses, and Geeks Created the Digital Revolution*. Simon & Schuster.

Jaruzelki, Barry; Loehr, John; Holman, Richard (2010). The Global Innovation 1000. Why Culture Is Key. *strategy+business*, issue 65 WINTER 2011.

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

MCITT (2008). *Atlas para la Innovación en Costa Rica*. https://www.micit.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.micit.go.cr/images/politica-nacional-sociedad-economia-basadas-conocimiento/Politica-Nacional-de-Sociedad-y-Economia-basadas-en-el-Conocimiento.pdf.

MICITT (2017b). *VII Informe de Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación*. https://www.micitt.go.cr.

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.

Morales, Mario; León, Angélica. *7 Razones por las que no Despega la Innovación en las Empresas*. http://quieroinnovar.com/wp-content/uploads/2017/12/eBook-7-razones.pdf.

Nelson, Richard R., ed. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis.* Oxford University Press.

OECD (2005a). *Oslo Manual. Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition*. OECD Press, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/9789264013100-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.

Oppenheimer, Andrés (2014). Crear o morir. La esperanza de Latinoamérica y los cinco secretos de la innovación. Penguin Random House.

PEN (2014). *Estado de la Ciencias, la Tecnología y la Innovación*. San Jose. http://eccti.or.cr/media/documentos/ECTI-Book.pdf

Porter, Michael (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press.

Rifkin, Jeremy (2014). *The Zero Marginal Cost Society*. Palgrave Macmillan.

Rivas, Gonzalo; Rovira, Sebastián (edts.) (2014). *Nuevas Instituciones de Innovación: Prácticas y Experiencias en América Latina*. CEPAL. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36797/1/S1420026_es.pdf

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 (edts.). 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 Forth Industrial Revolution*. World Economic Forum.

Schlossstein, Dominik F.; Reichartshausen, Schloss. (2007). Recent Changes to Korea´s Innovation Governance*. Worshop 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, *Encyclopedia of Technology and Innovation*, Wiley, pp. 445-467.

Singer, Peter L. (2017). *Investing in "Innovation Infraestructure" 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.

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

WEF (2015). *Collaborative Innovation Transforming Business, Driving Growth*. World Economic Forum. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Collaborative_Innovation_report_2015.pdf.