

Los sistemas de innovación y producción en América del Sur: ordenando la heterogeneidad

Ignacio DE ANGELIS
deangelisignacio@gmail.com
Universidad Internacional
de Valencia
(España)

Innovation and production systems in South America: order the heterogeneity

Resumen/Abstract

- 1. Introducción**
- 2. Discusión sobre los sistemas de innovación y producción desde el Sur**
- 3. Sistemas de innovación y producción en América del Sur hacia el siglo XXI**
- 4. Inversión y recursos humanos**
- 5. Indicadores de resultados y capacidades productivas**
- 6. La inserción internacional de los sistemas de innovación y producción**
- 7. Conclusiones**
- 8. Agradecimientos**
- 9. Bibliografía**

Los sistemas de innovación y producción en América del Sur: ordenando la heterogeneidad

Ignacio DE ANGELIS
deangelisignacio@gmail.com
Universidad Internacional
de Valencia
(España)

Innovation and production systems in South America: order the heterogeneity

Citar como/cite as:

De Angelis I (2024). Los sistemas de innovación y producción en América del Sur: ordenando la heterogeneidad. *Iberoamerican Journal of Development Studies* 13(1):48-74.

DOI: 10.26754/ojs_ried/ijds.804

Resumen

Con este trabajo, se busca construir categorías analíticas basadas en el estudio de los sistemas de innovación y producción para sistematizar el análisis de las dinámicas y los procesos de cambio tecnológico en América del Sur. Para ello, a partir del relevamiento y análisis de un conjunto de indicadores de insumo y de producto, junto con la categorización y estudio de la estructura del comercio exterior, en el artículo se propone una tipología ordenada según las capacidades de innovación de cada economía, el tipo de producto que orienta su inserción internacional y el grado de concentración y complejidad en términos tecnológicos de la canasta exportadora.

Palabras clave: América del Sur; sistemas de innovación; ciencia, tecnología y sociedad; economía internacional.

Abstract

The paper seeks to construct analytical categories based on the study of innovation and production systems to systematize the analysis of the dynamics and processes of technological change in South America. To this end, based on the survey and analysis of a set of input and output indicators, together with the categorization and study of the structure of foreign trade, the article proposes a typology ordered according to the innovation capabilities of each economy, the type of product that guides its international insertion, and the degree of concentration and complexity in technological terms of the export basket.

Keywords: South America; innovation systems; science, technology and society; international economy.

1 Introducción

La actual fase de transformación y crisis del capitalismo expone las tensiones en torno a la disputa tecnoeconómica global que obligan a diseñar respuestas tanto nacionales como colectivas de coordinación regional. El objetivo general del trabajo es realizar un análisis de los sistemas de innovación y producción en América del Sur durante las primeras dos décadas del siglo XXI. Desde allí, se busca generar elementos de reflexión respecto a los problemas estructurales de la región como un aporte para los estudios sobre la integración regional.

Los objetivos específicos se orientan a (i) discutir el abordaje teórico respecto a la inserción internacional de los países de la región en su dimensión científica y tecnológica; (ii) caracterizar los sistemas de innovación y producción para los países seleccionados, y (iii) sistematizar información empírica, a fin de sustanciar una tipología centrada en los sistemas de innovación y producción y su inserción internacional para los países de América del Sur.

Desde una perspectiva teórica, en el trabajo se abordan de manera crítica los principales antecedentes en la conceptualización de los sistemas de innovación y el cambio tecnológico en la región, valorando los aportes de los estudios sistémicos del cambio tecnológico y sus principales críticas.

En cuanto a la estrategia metodológica, el artículo se basa en una metodología flexible centrada en la vinculación de desarrollos teóricos (y revisión bibliográfica) y el relevamiento, sistematización y análisis de la información empírica. El análisis se centra en los países de América del Sur, en tanto presentan suficiente especificidad y diversidad para constituirse como un caso de estudio.¹ En efecto, es posible agrupar los países dentro de la región según patrones geográficos y productivos que, por ascendencia histórica, resultan relevantes para estudiar su inserción internacional desde una perspectiva científica y tecnológica.

Siguiendo la tipología estructuralista propuesta por Bértola y Ocampo (2013), se recoge la distinción de los países por el tipo de producto relacionado con la actividad exportadora. Desde allí, y centrado en el caso de estudio, es posible encontrar economías mineras y petroleras y economías de producción agroindustrial. En este arquetipo, se reconoce e incorpora la relación de competencia y complementariedad con determinadas regiones del mundo, al mismo tiempo que siguen trayectorias tecnológicas distintas propias de los encadenamientos para la generación local de valor. Parte del ordenamiento de dos subtipos o subregiones para agrupar los países seleccionados y que ha sido tradicionalmente incorporado en los estudios sobre integración regional (De Angelis 2022): por un lado, se consideran los países con proyecciones sobre el Pacífico

1 Se excluye de esta caracterización a Guyana, Surinam y la Guayana Francesa, en función de la concepción idiomática latinoamericana. Por su parte, Venezuela presenta un tratamiento especial a lo largo del trabajo por problemas específicos en la consecución de datos.

(Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile), donde encontramos como principales elementos de exportación los productos mineros, el petróleo y el gas; por otra parte, los países con proyección hacia el Atlántico o agroindustriales (Brasil, Uruguay, Paraguay y Argentina), especializados en la exportación de granos y oleaginosas y con mayor capacidad industrial, principalmente en manufacturas de origen agropecuario (Bértola y Ocampo 2013, Cimoli y Porcile 2013).

En este orden de análisis, se plantea como hipótesis que, frente a la heterogeneidad de los países de América del Sur, es posible construir categorías analíticas complementarias (tipologías) basadas en el estudio de los sistemas de innovación y producción para sistematizar el análisis de las dinámicas y los procesos de cambio tecnológico, lo que evidencia las condicionalidades de su posicionamiento e inserción internacional.

En efecto, a partir de un conjunto de indicadores de insumo y de producto, en el artículo, se decanta hacia la construcción de una tipología ordenada según las capacidades de innovación de cada economía, el tipo de producto que orienta su inserción internacional y el grado de concentración y complejidad en términos tecnológicos de la canasta exportadora.

En cuanto a la estructura del trabajo, luego de presentar los aspectos introductorios, en el segundo epígrafe se aborda la discusión teórica relativa al problema de investigación. En tercer lugar, se analizan las características de los sistemas de innovación y producción en América del Sur durante el siglo XXI. En el cuarto y quinto apartado se presentan, respectivamente, la evolución de los principales indicadores de insumo y resultado para dimensionar la caracterización propuesta. En sexto lugar, se aborda la inserción internacional de los sistemas de innovación y producción de los países de la región. El trabajo finaliza con una serie de reflexiones como aporte para un diagnóstico sobre los problemas del desarrollo en la región.

2 Discusión sobre los sistemas de innovación y producción desde el Sur

A partir de la emergencia de un nuevo paradigma tecnológico en la década de los setenta y su consolidación en las dos décadas posteriores (Pérez 2013), en los estudios teóricos de la innovación, se propuso una ruptura con la visión tradicional (lineal, ahistórica y descontextualizada) hacia un enfoque interactivo y socialmente determinado, lo que resultó en un enfoque acorde con las nuevas formas de producción (Gibbons *et al.* 1997, Ziman 2000). Sobre estos principios emerge el enfoque del cambio tecnológico sistémico que se recoge en este trabajo, en el que se entiende la innovación como

un proceso acumulativo, incierto y de carácter social e interactivo derivado del conjunto de esfuerzos desplegado por los distintos actores públicos y privados del sistema.

Evidentemente, se asume el cambio tecnológico como un valor en sí mismo para el desarrollo de los países, en tanto fomenta el aumento de la productividad y la competitividad internacional como vectores del crecimiento económico. Asimismo, permite la generación de empleo de calidad, la solución de problemas sociales y la mejora del impacto ambiental; es decir, que la producción y comercialización de bienes y servicios más complejos implica mayores probabilidades para un país de crecer y desarrollarse a largo plazo (Bahar *et al.* 2014, Mazzucato 2018).

El enfoque de sistemas de innovación se convirtió en la visión dominante para los estudios sociales de la ciencia y la tecnología hacia la década de los noventa (Edquist 2001, Freeman 2008, Lundvall 2009). Desde entonces, distintos programas de organismos internacionales y planes estratégicos de gobiernos nacionales incorporan la categoría de «sistema de innovación», principalmente desde el concepto del sistema nacional de innovación (SNI), para referirse al conjunto de relaciones entre actores e instituciones que, en su interacción dentro del proceso productivo, demandan infraestructura, institucionalidad y coordinación política para orientar la estrategia hacia la generación de nuevas capacidades científicas y tecnológicas.

Desde entonces, se generó un consenso en torno al carácter acumulativo e interactivo del desarrollo científico y tecnológico y la innovación, destacando explícitamente la necesidad de generar, asimilar y adoptar capacidades dentro de una trayectoria tecnológica a partir de esfuerzos formales e informales que permitan transformar una economía y su inserción internacional; es decir, que el enfoque logró romper definitivamente con la visión neoclásica del desarrollo, en la que se asumía el carácter endógeno del cambio tecnológico y la posibilidad de apropiación de las rentas de la innovación, independientemente del contexto y la interacción.

Esto resulta particularmente relevante al abordar el estudio del cambio tecnológico desde la perspectiva de la economía política internacional. Así, es importante recuperar la perspectiva de los autores latinoamericanos dado que, si bien el enfoque del SNI otorga mayor relevancia a los determinantes sociales e históricos que moldean las relaciones económicas, lo cierto es que reproduce algunos elementos que toman distancia de la realidad de los países periféricos. En particular, para este enfoque, la empresa es el principal agente en tanto representa el espacio donde tiene lugar la innovación. Pero el problema es que le otorga un protagonismo casi exclusivo, restando importancia a las dinámicas públicas de generación de capacidades tecnológicas y complementarias para la dinamización del cambio tecnológico.

No obstante, si bien la mayoría de los autores de los SNI reconocen la importancia del contexto, su problematización no ocupa el centro del enfoque, sino que lo consideran como algo exógeno, donde se inscriben las dinámicas nacionales y, principalmente, la actividad de las firmas. Desde la perspectiva que se asume en el presente trabajo, donde no se busca analizar qué sucede dentro de la empresa como agente, la innovación es entendida como resultado colectivo y atravesada por la dinámica socioproductiva de la región.

Arocena y Sutz (2004) construyen una interpretación desde el Sur, donde los sistemas de innovación son entendidos como un espacio interactivo de aprendizaje dado por el conjunto de interacciones «estables y sistémicas entre distintos actores que cooperan en el uso del conocimiento, resolviendo problemas y generando senderos de aprendizaje que en cierta medida transforman a todos los actores involucrados» (p. 54). Desde esta perspectiva, estos espacios se constituyen en contextos con más o menos recursos, capacidad y oportunidades, según se trate de países ricos e industrializados, o de países periféricos o del sur global.

De este modo, el enfoque permite incorporar la dimensión política en dos espacios: a nivel internacional, dada por la configuración del sistema internacional y la inserción externa de cada país, y a nivel local, en función de las realidades cultural, social y política que atraviesan los distintos componentes en un momento determinado o bajo un modelo de desarrollo específico.

En este punto, resulta relevante recuperar algunos de los antecedentes que dieron lugar al pensamiento latinoamericano en ciencia y tecnología (Placyt) a partir de las experiencias nacionales y los principales debates que emergieron a la luz del estructuralismo en torno a la producción del conocimiento y su interacción con los sistemas productivos durante la segunda mitad del siglo XX (Dagnino *et al.* 1996).

El Placyt parte del reconocimiento de las particularidades de la región y la necesidad de optar por construir trayectorias tecnológicas menos dependientes. Estos aportes pusieron tempranamente el foco en elementos como la relación entre industrialización y cambio tecnológico, las inequidades del sistema internacional y la inserción dependiente de los recursos naturales, la volatilidad del crecimiento asociada a los ciclos y al deterioro de los términos de intercambio y la necesidad de avanzar hacia estructuras de producción con mayor valor agregado (Sunkel 1991, Cardoso y Faletto 1996, Sábato 2011).

Como sostienen Dagnino *et al.* (1996, p. 20) desde la perspectiva latinoamericana, el resultado sistémico de la innovación está atravesado por una dinámica política y una dinámica tecnológica. En efecto, la crítica al modelo lineal ofertista en el ámbito académico y político fue acompañada por una propuesta de instrumentos

y categorías analíticas como «proyecto nacional de ciencia y tecnología» o «estilos tecnológicos», los cuales reflejaban la visión interactiva y consciente de las particularidades regionales: desde allí que la adopción de la discusión en torno a la producción científica y tecnológica y a la innovación dentro de los países periféricos se basó en tratar de explicar las restricciones presentes para dinamizar el cambio tecnológico.

Dentro de las críticas a la visión del SNI, ya como antecedente más reciente, en el enfoque regulacionista de los sistemas sociales de innovación y producción (SSIP), se reconocen explícitamente los aportes del estructuralismo y, por tanto, del Placyt. En particular, en el trabajo de Amable *et al.* (2008), se propone la categoría de SSIP como una construcción teórica superadora para analizar el cambio tecnológico y sus distintos modelos de desarrollo de manera comparada.

La idea detrás de los sistemas sociales es que las relaciones de producción e innovación no son únicamente basadas en el mercado, sino en el conjunto de las relaciones sociales que ordenan las formas de producción y consumo. En lugar de situar el énfasis en la empresa, las instituciones específicas de ciencia y tecnología y los instrumentos de promoción, se basa en la complementariedad del conjunto de políticas orientadas a la innovación, implementadas sobre objetivos estructurales que conducen las estrategias de desarrollo de forma contextualizada por el marco global; es decir, que se encuentra determinado por el modelo de desarrollo adoptado por un país en un momento determinado.

Desde allí, es necesario prestar atención al tipo de relacionamiento y la tensión entre la adaptación a la economía global y las necesidades y posibilidades del marco local. En este sentido, es importante señalar que el análisis desde la categoría de los SSIP sobre la inserción internacional en los países periféricos constituye una perspectiva teórica de incipiente desarrollo en la bibliografía especializada en la región (Pinto 2012).

En particular, durante los últimos años en los programas de investigación de economía política comparada en países periféricos (principalmente en Europa del Este, Asia y en América Latina), adquirió protagonismo el enfoque de variedad de capitalismos (Hall y Thelen 2009, Schneider y Soskice 2009, Aguirre y Lo Vuolo 2013, Madariaga 2018). Estos esfuerzos son objeto de críticas por la falta de sustentación empírica en la construcción de tipos ideales y el abordaje tangencial de la problemática sociopolítica relativa a la configuración de las formas de regulación y el rol del Estado (Amable 2004, Bizberg y Théret 2014). A partir de allí, el análisis de los sistemas de innovación y producción en la región demanda la construcción de un enfoque de base empírica contextualizado.

En este orden, en el presente trabajo, se busca realizar un aporte en relación con el vacío identificado en la bibliografía res-

pecto a trabajos en los que se abarque y sistematice la información empírica en la región desde esta perspectiva. El enfoque propuesto ofrece alternativas, actualizando los debates del pensamiento latinoamericano y reconociendo la existencia de diferencias específicas en las trayectorias de las economías de América del Sur propias de las dinámicas de cada modelo de desarrollo.

3 Sistemas de innovación y producción en América del Sur hacia el siglo XXI

Desde comienzos del siglo XXI y hasta mediados de la segunda década de los dos mil, en un contexto de crecimiento económico y mayor holgura presupuestaria en los principales países de la región, tuvo lugar un renovado impulso de la ciencia, la tecnología y la innovación, ocupando un lugar destacado en la planificación de los modelos de desarrollo.²

Posteriormente, desde mediados de la década de los dos mil diez, y en un marco caracterizado por los coletazos de la crisis económica global, junto con el fin del ciclo de las materias primas y la mayor inestabilidad política, la región entró en un período de estancamiento que, con excepciones, se extendió y se agudizó con la crisis internacional desatada por la pandemia del COVID-19 a comienzos de la década de los dos mil veinte, donde nuevamente la volatilidad y la recesión debilitaron la recuperación de los presupuestos en actividades científicas y tecnológicas (ACT) e I + D.³

A continuación, se propone una síntesis de las transformaciones desde una visión sistémica en torno a tres dimensiones: (i) los cambios en el discurso y las nuevas prioridades estratégicas, (ii) los nuevos marcos legislativos y diseños institucionales e instrumentales y (III) la sostenibilidad social como misión del campo de la ciencia, la tecnología y la innovación.

(i) Cambios en el discurso y las nuevas prioridades estratégicas

Desde comienzos del nuevo siglo, los discursos visibles en los nuevos gobiernos progresistas de los países de la región en torno a los modelos de políticas científicas y tecnológicas incorporaron objetivos en función de las restricciones estructurales al desarrollo de los países, buscando una mayor autonomía y señalando como fin último el desarrollo social.

Este quiebre argumental de comienzos del nuevo siglo confirmó la persistencia de los ciclos de divergencias y convergencias, propios del siglo XX, entre el diseño de las políticas públicas y la orientación de los modelos de desarrollo basculantes en el eje

2 El ciclo, o superciclo, de las materias primas se refiere a los altos precios de los *commodities* que experimentó la economía mundial entre 2004 y 2012-2014 impulsados, principalmente, por la creciente demanda asiática. Este ciclo, que tuvo la particularidad histórica de extenderse por casi una década, permitió a los países especializados en la producción de recursos naturales sostener altas tasas de crecimiento, acumular reservas internacionales y redefinir los márgenes presupuestarios para el diseño de las políticas públicas (De Angelis 2017).

3 Las ACT son definidas como aquellas directamente relacionadas con la generación, el perfeccionamiento, la difusión y la aplicación de conocimientos científicos y técnicos; incluyen I + D, difusión, formación de recursos humanos o servicios tecnológicos, entre otros. Por su parte, I + D se refiere a cualquier esfuerzo sistemático por aumentar el conocimiento y su uso para nuevas aplicaciones; incluye investigación básica, aplicada y desarrollo experimental.

izquierda-derecha (Bértola y Ocampo 2013, De Angelis 2018). No obstante, como se analiza a lo largo del trabajo, estos ciclos se reconocen no solo en una dimensión ideológica sino, fundamentalmente, material.

Argentina (Secyt 2006, Mincyt 2012), Brasil (MNCTB 2007) y Ecuador (Senacyt 2007)⁴ lanzaron sus planes de acción hasta 2010, definiendo ejes estratégicos y asignando partidas presupuestarias sin antecedentes en la materia. Entre los principales objetivos comunes, se encuentran la necesidad de colocar los sistemas científicos y tecnológicos al servicio del desarrollo humano y social, el aumento de las capacidades en torno a la economía del conocimiento y el fortalecimiento de la articulación público-privada.

En la misma línea, Bolivia, Uruguay y Venezuela incorporaron objetivos sociales coincidentes con los discursos regionales, mientras que Chile y Colombia lo incorporaron como objetivos accesorios derivados de la mejora de la competitividad (Conpes 2009, CNIC 2010, VCYT 2013, Casas *et al.* 2014).⁵ Por su parte, Perú y Paraguay implementaron políticas sectoriales específicas menos ambiciosas que sus pares (Ortiz y Eyzaguirre 2016, Servín 2016).

En cuanto a la definición de las prioridades estratégicas en el marco de restricciones al desarrollo socioeconómico, es importante considerar que tanto las coincidencias como las diferencias en la región están influidas por distintos elementos que van desde factores competitivos (posicionamiento global) e institucionales (capacidades acumuladas) hasta cuestiones específicas derivadas de la disponibilidad de financiamiento internacional de programas concretos, principalmente provenientes del Banco Mundial (BM) y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

En este sentido, a partir del análisis de los citados documentos, como ejes comunes aparecen el desarrollo de tecnologías vinculadas al procesamiento de recursos naturales con valor agregado (principalmente biotecnología, nuevos materiales y energías renovables) y la necesidad de desarrollar tecnologías de la información y la comunicación. En general, se trata de sectores dinámicos del nuevo paradigma tecnológico donde existen potencialidades para la inserción internacional y, en algunos casos, como en Brasil, Uruguay, Argentina y Chile, importantes capacidades acumuladas.

Otro eje transversal adyacente, y asociado a la disponibilidad de financiamiento internacional proveniente de los organismos internacionales, fue la vinculación de las actividades científicas y tecnológicas con el desarrollo de infraestructura para el desarrollo social y en materia de energía y transporte.

(ii) Marcos legislativos y diseños institucionales

Durante la primera década de los dos mil, se materializaron los nuevos marcos legislativos y diseños institucionales reconociendo

- 4 Los acrónimos Secyt y Mincyt corresponden a la Secretaría de Ciencia y Tecnología y al posterior Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Argentina. MNCTB corresponde al Ministerio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil. Por último, Senacyt se refiere a la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología de Ecuador.
- 5 El Conpes es el Consejo Nacional de Política Económica y Social de Colombia. El CNIC se refiere al Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad de Chile. Por su parte, el acrónimo VCYT corresponde al Viceministerio de Ciencia y Tecnología de Bolivia.

explícitamente (en algunos casos por primera vez) la dimensión sistémica de la innovación.

Durante el año 2001 se promulgó la nueva legislación en Argentina y en Bolivia; en 2003 se promulgó la Ley 2279 en Paraguay; en 2005 se forjaron los nuevos marcos legislativos en Uruguay y Venezuela; en Ecuador, durante 2006 y 2009, en Colombia (Casas *et al.* 2014, Gregosz 2016, Servín 2016).

Si bien existieron transformaciones en las instituciones nacionales y en los rangos según el organigrama de los distintos gobiernos que se fueron sucediendo, en general, se identifican distintos organismos que son coordinados por uno de mayor rango. Estos organismos rectores varían de acuerdo con el país, exhibiendo el rango de Ministerio o Viceministerio en Argentina, Bolivia, Brasil y Venezuela; de Gabinete Ministerial en Uruguay; de Secretaría en Ecuador; de Consejos en Perú, Paraguay y Colombia, y de Comisión Nacional, en el caso de Chile.

Por otro lado, y de forma más o menos generalizada, a lo largo de la segunda década puede identificarse una mayor dinámica de descentralización institucional e instrumental que evidencia el tránsito de planes nacionales hacia políticas regionales y locales, reconociendo la heterogeneidad y las diferentes realidades en el interior de los países (Casas *et al.* 2014).

De esta manera, es posible encontrar agencias dependientes de las diferentes áreas de gobierno que trabajan de manera coordinada con los principales organismos de innovación y producción como también con las universidades, institutos y las distintas agencias subnacionales. Desde allí, en la mayoría de los países emergió una problemática propia de los procesos de aprendizaje institucional y la conformación de las dinámicas sistémicas derivadas del solapamiento de funciones y los problemas de asignación presupuestaria.

En el trabajo de Bortagaray (2016), se recopilan los distintos instrumentos de política científica y tecnológica en América Latina durante 2010-2015, distinguiendo entre los de carácter horizontal (destinados a la generación de capacidades de las empresas y el funcionamiento de la economía en general) y los de carácter vertical (de aplicación en sectores específicos). Al observar los países de América del Sur, dentro de los instrumentos horizontales se destacan aquellos orientados al fortalecimiento de las instituciones públicas de los sistemas de innovación en la región con eje en la educación superior y la investigación científica, programas para la transferencia de tecnología y otras políticas de regulación y fomento de la actividad. Por su parte, los instrumentos orientados al sector privado se materializan a través de ayudas para promover la I + D a partir de fondos directos, subvenciones tributarias y programas de financiamiento.

En esta línea, la multiplicidad de instrumentos en distintos niveles evidencia que Brasil, Argentina, Chile y Uruguay aposta-

ron por instrumentos de promoción buscando desarrollar sectores económicos (como el energético, las tecnologías de la información y la comunicación o el agroindustrial) y tecnologías estratégicas (biotecnología, nanotecnología, biocombustibles, energías limpias o nuevos materiales, entre otros). Por su parte, en Perú y Paraguay se orientaron al desarrollo de fondos para apoyar las actividades de investigación e innovación endógenas.

(III) Inclusión social y desarrollo sostenible

Como sostienen Casas *et al.* (2014), con el cambio de siglo, el modelo de políticas en América del Sur pasó de estar centrada (desde finales de los ochenta) en la competitividad económica hacia modelos conscientes de la necesidad de legitimación democrática orientada por el bienestar social de su población enmarcados en un proceso de desarrollo nacional. En gran parte de los países de la región se exteriorizó la perspectiva social de las políticas en materia científica y tecnológica, principalmente tras la adopción de los objetivos de desarrollo e inclusión social como ejes transversales (Dagnino 2012, Theis 2013).⁶

En efecto, al observar los distintos instrumentos y planes estratégicos analizados, es posible advertir una convergencia en los objetivos de las trayectorias hacia el nuevo lema de «desarrollo sustentable e inclusivo». La impronta social se puede observar en programas como Proscia y Habitare, en Brasil; Ideas para el Cambio, en Colombia; los Fondos Sectoriales, vinculados al agua y al desarrollo social, en México; Incagro y el Centro de Innovación Tecnológica, en Perú, o el proyecto Ceibal en Uruguay, entre otros (Lemarchand 2014, Bortagaray 2016). Por su parte, sobre el final del artículo, se recoge la dimensión de la sustentabilidad, ya no en términos internos, sino en la conformación de los patrones de inserción externa y su vinculación con la perspectiva tecnológica.

Sobre estas tres dimensiones y su significancia, en lo sucesivo, en el trabajo se aborda el estudio empírico en torno a una serie de indicadores de insumo y resultado que permiten explorar el alcance de un desempeño más virtuoso desde la primera década de los dos mil y el cambio de tendencia hacia el tercer lustro. Esto permite dimensionar el alcance de la pretensión sistémica descrita hasta aquí e identificar algunas de las principales virtudes y limitantes a los que se enfrentan los países de la región.

4 Inversión y recursos humanos

Según los datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología de Iberoamérica (Ricyt), desde 2003 hubo un importante in-

6 Existieron matices discursivos: por ejemplo, en Colombia y Chile, los objetivos se orientan a la competitividad y desarrollo económico.

crecimiento en los gastos en I + D en la región, alcanzando máximos históricos, aunque no de manera generalizada.

Brasil, único país con un gasto en I + D mayor al 1 % del producto interno bruto (PIB), registró un desempeño creciente, alcanzando un máximo del 1,34 % del PIB en 2015. En segundo lugar, se encuentra Argentina, con un gasto en ascenso desde 2002, alcanzando una inversión máxima del 0,63 % en 2012 y con un deterioro posterior hasta posicionarse en el 0,46 % del producto para 2019. En tercer lugar, se encuentra Uruguay alcanzando un máximo del 0,53 % hacia 2019.

En un segundo nivel, se ubican Chile, Ecuador, Colombia y Venezuela. Chile muestra un desempeño estable, con un máximo del 0,39 % en 2013. Ecuador, por su parte, presenta una mejora relativa desde 2008 y, al menos, hasta 2014, con el 0,44 % del PIB (último dato disponible). Colombia también registró un crecimiento, aunque bajo, en términos relativos a sus socios regionales, duplicando sus esfuerzos desde comienzos de siglo hasta alcanzar un máximo del 0,32 % en 2015 y retrocediendo al 0,23 % para 2019. Por su parte, Venezuela duplicó el esfuerzo entre 2005 y 2015, tocando un máximo del 0,44 %.

Por último, Bolivia, Paraguay y Perú son los casos de menor inversión en I + D de la región y donde los datos no revelan un crecimiento significativo durante el período, registrando valores promedio del 0,16, 0,15 y 0,13 %, respectivamente, para el período 2010-2018.

Por otro lado, observar el gasto en dólares corrientes en I + D por habitante desvela un crecimiento acelerado desde 2006, alcanzando un máximo en 2014 de 462 000 dólares para el conjunto de países. Brasil lidera los esfuerzos con un máximo de 155 000 dólares por habitante en 2014, mientras que Argentina, en segundo lugar, alcanzó un máximo de 93 000 dólares por habitante en 2015. En tercer lugar, se ubican Chile y Uruguay. Si bien Chile revela esfuerzos máximos de 61 000 dólares por habitante durante 2013, vale señalar el caso de Uruguay que muestra el mayor crecimiento relativo desde 2008, superando los 85 000 dólares por habitante hacia 2019. Colombia y Ecuador muestran valores máximos en torno a los 25 000 y 28 000 dólares respectivamente, durante 2014. Perú y Paraguay revelan un desempeño constante pero marginal en comparación con el resto de los países.⁷

Si bien las inversiones fueron fundamentalmente motorizadas por el sector público, según datos de la Ricyt, en Brasil el sector productivo (conformado por empresas públicas y privadas) explicó el 43 % del total (2018); en Argentina, el 26 % (2019); en Chile, el 29 % (2018) y, en Colombia, el 45 % (2019), mientras que, en Ecuador y Paraguay, el sector productivo explica una porción marginal inferior al 5 % del total del gasto. Si bien no es una relación lineal, la primacía del sector público tiende a representar los esfuerzos en

7 Para Venezuela y Bolivia, no se cuenta con datos de toda la serie para realizar un análisis del desempeño.

ciencia básica, mientras que el lugar secundario del sector privado representa la falta de desarrollos aplicados.

Por otro lado, al observar el gasto en I + D, según la distribución de los recursos de acuerdo con las disciplinas científicas y tecnológicas, a pesar de que no existen datos para todos los países, al observar la distribución de las inversiones por disciplinas, es posible advertir en la región determinadas mejoras en torno al aumento de los recursos destinados a las ciencias naturales y exactas, junto con la ingeniería y tecnología.

El desempeño de los recursos humanos dedicados a actividades de investigación, medido por la cantidad de investigadores por cada 1000 personas de la población económicamente activa (PEA), muestra nuevamente que Brasil, Argentina, Uruguay y Chile son los países con mejor desempeño en este indicador. Argentina es el país que presenta mayor número de investigadores, con un máximo en 2016 de 4,8 investigadores por cada 1000 personas de la PEA, doblando el número de comienzos de siglo. Brasil tuvo un desempeño similar, alcanzando un máximo de 3,25 investigadores hacia 2015. Chile mostró un registro más estable, alcanzando su máximo en 2016, con 1,6 investigadores por cada 1000 potenciales trabajadores, mientras que el valor más bajo de la década es de 1,18 en 2013. Uruguay se encuentra en cuarto lugar, decreciendo durante toda la década de los dos mil diez, pasando de 1,82 investigadores por cada 1000 personas a 1,59 en 2019.

Debe mencionarse el caso de Ecuador que, partiendo de valores muy bajos, en torno a 0,12 a comienzos de la década, llegó a contar con 1,58 investigadores según el último dato (2014). El resto de los países de la región desvelan un desempeño más modesto, con menos de 1 investigador por cada 1000 personas de la PEA para 2019.

No obstante las mejoras relativas, la cantidad de investigadores y de graduados doctores por millón de habitantes continúa siendo baja. Asimismo, se sostuvo cierta debilidad en torno a las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), que representan campos vinculados a los sectores económicos más dinámicos a escala global y de mayor valor agregado. En la región, más del 50 % de los graduados y el 40 % de los doctores pertenecen a ciencias sociales y humanas, relación que se invierte en los países industrializados y en las principales economías de Asia.

Por último, estos indicadores deben asociarse a los resultados mediante la publicación de artículos científicos y técnicos en revistas académicas (tabla 1). Los datos para 2018 revelan que Brasil lidera el *ranking*, con más de 60 000 artículos, seguido por Argentina, con 8,8000; Colombia y Chile, con algo más de 7,7000 y, en cuarto lugar, Ecuador, con más de 2,1000 publicaciones. No obstante, al considerar estos números en relación con el personal investigador con dedicación completa por cada millón de habitantes,

Colombia lidera la productividad, con 81 artículos por investigador, seguido por Brasil, con 67 artículos; Chile, con 14; Argentina, con 7; Ecuador, con 5 artículos y Uruguay, con 1,2 artículos por investigador.⁸

5 Indicadores de resultados y capacidades productivas

Es importante observar el desempeño de aquellos indicadores asociados a la generación de derechos de propiedad intelectual producto de la innovación tecnológica. Asimismo, en línea con los objetivos del trabajo y como se analizará más adelante, se debe considerar como *output* observable la complejidad de la estructura productiva y su inserción internacional.

Para el desempeño de las patentes, se consideran los tres principales indicadores derivados de la actividad innovadora estimados por la Ricyt: la tasa de dependencia, el indicador de autosuficiencia y el coeficiente de invención.

La tasa de dependencia expresa la relación entre patentes solicitadas por no residentes y residentes, donde los valores mayores a 1 enuncian que la mayoría son solicitadas desde el exterior; es decir, que corresponde a invenciones desarrolladas fuera del país. Si bien se evidencia un comportamiento errático a escala regional, interesa analizar las diferencias intrarregionales.⁹ Observando el desempeño promedio de este coeficiente para los años 2010-2018, entre los países con menor tasa de dependencia se encuentran Brasil (3), Chile (6,3), Argentina (6,6) y Colombia (7,2), con una mejora sustancial en la segunda década del siglo XXI. Por su parte, el resto de los países muestran valores por encima del promedio regional: Ecuador (46), Paraguay (23), Bolivia (19), Perú (15) y Venezuela (14).

Con el indicador de autosuficiencia, se mide la relación entre las patentes solicitadas por residentes y el total. Al calcular y observar el promedio para los años 2010-2018, es posible señalar cómo los países con mayor capacidad son Brasil (0,25), Chile (0,15), Colombia (0,15), Argentina (0,14) y Venezuela (0,11). El resto de los países muestran un desempeño muy por debajo, evidenciando menores grados de capacidades científicas y tecnológicas acumuladas: Bolivia (0,08), Perú (0,07), Ecuador (0,05), Paraguay (0,05) y Uruguay (0,05).

El coeficiente de invención, en el que se muestra el número de patentes solicitadas por cada 100 000 habitantes, revela un deterioro generalizado en casi todos los países, salvo en Chile, donde fue más estable, y en Colombia, donde se evidencian mejoras relativas. Nuevamente, se calculó el promedio para los años 2010-

8 Es importante señalar que los resultados de los países de la región con mejor desempeño (Colombia y Brasil) se ubican incluso mejor que algunos países centrales. A partir de los datos del Banco Mundial, este indicador de productividad académica alcanza valores de 20 artículos para Alemania, 14 artículos para Francia y 13 para Canadá. China y Estados Unidos, por su parte, superan la relación de 400 artículos por investigadores a jornada completa.

9 El desempeño de estos indicadores a escala global es de por sí muy bajo; por ejemplo, en 2006, la solicitud de nuevas patentes proveniente de América Latina fue del 3 % del total global (las de Asia eran el 49,7 %), mientras que, en 2016, bajó al 2 % y, en 2018, al 0,62 %. Asimismo, el 80 % de las patentes en América Latina pertenecen a empresas extranjeras.

2018, y los países que más patentes solicitaron fueron Brasil (con 3,8 solicitudes por cada 100 000 habitantes), Chile (2,1), Argentina (1,3), Uruguay (0,85) y Colombia (0,6). Por su parte, Bolivia (0,2), Ecuador (0,1), Paraguay (0,2), Perú (0,2) y Venezuela (0,2) evidencian los coeficientes de invención más bajos de la región.

	Usos de Internet		Comercio internacional bienes y servicios TIC			Indicadores multidimensionales		Indicadores I+D		
	Usuarios (1)	Servidores (2)	EXPO bienes TIC % (3)	IMPO bienes TIC % (3)	EXPO servicios TIC % (4)	Índice Mundial de Innovación (5)	Índice de Complejidad 2020 (6)	Invest. full time (7)	Artículos científicos y técnicos (8)	Gasto en I + D / PIB (9)
Argentina	74	3687	0,1	8,1	9,6	28,3	0,08	1,192	8,811	0,54
Bolivia	55	210	0,1	3,3	1,3	22,8	-0,99	164	102	0,16 (2009)
Brasil	67	3087	0,3	9	8,1	31,9	0,43	888	60 148	1,26
Chile	82	12 914	0,3	7,7	3,6	33,9	-0,19	493	7122	0,36
Colombia	65	405	0,3	9,9	7,8	30,8	0,13	88	7195	0,24
Ecuador	57	380	0	4,5	1,6	24,1	-1,1	399	2142	0,44 (2014)
Paraguay	68	475	0,1	20,5	0,8	33,6	-0,45	135	98	0,15
Perú	60	455	0,1	8,3	2,2	28,8	-0,68		163	0,13
Uruguay	77	1922	0,1	6,7	16,3	30,8	0	696	852	0,48
ALC	66	1964	5,8	11,3	5,1	27,5		580	108 228	0,71

	Exportaciones Alta Tecnología 2019		Cargos por el uso de propiedad intelectual (Regalías – Royalties) 2019		Solicitudes de patentes presentadas 2019		Solicitudes de marcas 2019	Solicitudes de diseño industrial presentadas (por recuento) 2019	
	En millones de USD	% total EXPO manufacturas	Ingreso en mill. de USD	Pagos en mill. de USD	Residentes	No residentes	Solicitud marcas registradas	Residente	No residente
Argentina	562	5,2	272	1714	442	326	15 304	1052	997
Bolivia	14	3,4		76	59	277	3491	16	43
Brasil	9428	13,3	641	5246	5464	19 932	31 258	4226	2206
Chile	676	7,5	45	1757	438	2799	14 032	51	477
Colombia	759	9,1	93	734	422	1735	19 569	331	337
Ecuador	68	5,5	2	121	29	408	7080	79	75
Paraguay	76	7,2		19			5374	159	62
Perú	179	4,1	26	349	137	1122	12 853	133	249
Uruguay	117	8,3	45	121	23	500	5279	53	62
ALC		14,2	1164	11 529	8391	45 774	198 679	7498	7409

- (1) Los usuarios de Internet son personas que han utilizado Internet en los últimos tres meses como % de la población total para 2019.
- (2) La cantidad de certificados y protocolos de seguridad distintos y de confianza pública por millón de habitantes en 2020.
- (3) Como porcentaje del total de exportaciones de bienes.
- (4) Las exportaciones de servicios de tecnología de la información y las comunicaciones incluyen servicios informáticos y de comunicaciones y servicios de información (datos de 2020).
- (5) En el Índice Mundial de Innovación, se clasifican los resultados de la innovación de unos 131 países y economías de distintas regiones del mundo, sobre la base de más de 80 indicadores. En el informe, publicado conjuntamente por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), la Universidad Cornell y el Institut Européen d'Administration des Affaires (Insead), se ofrece una clasificación anual de las capacidades y el desempeño innovativo. Suiza encabeza el *ranking*, con un índice de 68 y los últimos 30 países del *ranking* muestran un indicador menor a 20 (datos de 2020).
- (6) El índice de complejidad económica (ECI) del Observatorio de Complejidad Económica del Instituto de Tecnología de Massachusetts (OEC). El ECI es una medida de la capacidad de una economía que se basa en una serie de indicadores macroeconómicos, incluido el nivel

de ingresos de un país, el crecimiento económico, la desigualdad de ingresos, el gasto en ciencia y tecnología y las emisiones de gases de efecto invernadero. Se considera un índice alto de complejidad económica el superior a 1, un índice intermedio aquel que varía entre 1 y 0,6 y un índice bajo al inferior a 0,6 (datos de 2018 y 2019). La metodología del cálculo está disponible en la página del OEC y puede consultarse también a partir de Bahar *et al.* (2014).

- (7) Investigadores a tiempo completo por millón de personas (promedio 2010-2018).
- (8) Publicaciones de artículos científicos y tecnológicos en revistas académicas (datos de 2018).
- (9) Inversión/gasto en I + D como porcentaje del PIB (promedio 2010-2018).

Tabla 1

Principales indicadores de desempeño en ciencia, tecnología e innovación para América del Sur¹⁰

Fuente: elaboración propia con base en datos del Banco Mundial, Oficina Internacional de Propiedad Intelectual, el Observatorio de Complejidad Económica y la Ricyt.

Otro parámetro para observar es la diferencia entre los ingresos y los pagos de regalías por el uso de propiedad intelectual, la cual ilustra el impacto en el balance de pagos en relación con el posicionamiento dependiente. Según los datos recogidos en la tabla, todos los países de la región presentan posiciones deficitarias. Brasil registra un déficit de 4,6000 millones de dólares; Chile, 1,7000 millones; Argentina, 1,4000 millones, y Colombia, 600 millones. Entre los países con mayor equilibrio se encuentran Paraguay, con el menor déficit (en torno los 19 millones), seguido por Uruguay y Bolivia (76 millones).

Mientras que la solicitud de marcas registradas resulta en un indicador de innovación asociado al ritmo de actividad y el tamaño de la economía, las solicitudes de diseños industriales presentadas (por residentes y no residentes) constituyen un *proxy* de innovación dentro del sector manufacturero. Siguiendo los datos de la tabla 1, Brasil, Argentina y Paraguay muestran los mejores desempeños relativos de la actividad inyectiva de la industria local, mientras que Chile, Bolivia y Perú revelan un mayor dinamismo de las solicitudes de no residentes. A nivel de firmas, las empresas más innovadoras medidas por generación y solicitudes de patentes en América del Sur se encuentran en Brasil, Chile, Argentina y Colombia (Lemarchand 2016).

Un dato interesante es que las pequeñas y medianas empresas de la región invierten en actividades científicas y tecnológicas proporcionalmente más que las grandes empresas (considerando el volumen de ventas). No obstante, el impulso global de estas firmas a la I + D se mantiene en valores bajos en términos relativos. En efecto, la dinámica del sector privado en la región refleja, en términos generales, trazos de una cultura rentista no innovativa, que se expresa también en las formas de inserción internacional y la falta de una apuesta por la innovación endógena, fragmentando las dinámicas sistémicas entre la innovación y la producción local (De Angelis 2022).

Como preámbulo del análisis del próximo apartado, en la tabla 1, se incorporan dos indicadores multidimensionales asociados a la incidencia del complejo científico y tecnológico y de las actividades de innovación sobre la estructura productiva: en primer lugar, el Índice Mundial de Innovación, publicado por la OMPI, donde se recogen 80 in-

10 Se excluye de esta tabla a Venezuela, por no contar con la disponibilidad de los datos para la mayoría de los rubros.

dicadores diferentes para estimar las capacidades de innovación y sus resultados en 131 países.¹¹ Este indicador muestra un bajo desempeño regional de manera uniforme, con valores promedio en América del Sur levemente por encima de la media de América Latina (29,3 frente a 27,5). Como referencia, cabe mencionar los valores de las principales economías del mundo, que muestran valores sustancialmente superiores; por ejemplo, un promedio de 46,9 en la Unión Europea, un 53,3 en China y 60 en Estados Unidos.

El segundo indicador es el índice de complejidad económica (ICE), con el cual se miden la diversidad y la complejidad (en términos de contenido científico y tecnológico) de la canasta exportadora. El desempeño del indicador muestra correlación negativa con la desigualdad y una correlación positiva con el crecimiento; asimismo, un menor grado de complejidad refleja modelos orientados hacia fuera (menor integración) y más primarizados (Bahar *et al.* 2014). Como referencia, se considera un índice alto de complejidad económica el superior a 1, un índice intermedio aquel que varía entre 1 y 0,6 y un índice bajo al inferior a 0,6. Como veremos en el próximo epígrafe, durante las primeras dos décadas del siglo XXI, el ICE muestra valores negativos para casi todos los países de la región salvo Brasil, Argentina y Uruguay. Colombia, por su parte, muestra una dinámica positiva, alcanzando valores positivos en 2020 (tabla 2).

Con base en la evidencia expuesta hasta aquí, es posible diferenciar entre las economías más innovadoras de América del Sur, cuyo desempeño se encuentra por encima de la media regional, y aquellas reseñadas como no innovadoras con resultados por debajo de la media. Para ello, se analizó el rendimiento de cada país para el conjunto de indicadores considerando la distancia respecto a la media regional. Entre las primeras encontramos a Brasil, con valores por encima de la media en al menos 12 indicadores, seguido por Argentina, Chile y Uruguay, con un mejor posicionamiento relativo en 10 indicadores y Colombia en 9. El resto de los países de la región se encuentran dentro de la categoría de economías no innovadoras, con un desempeño por debajo de la media en las principales dimensiones analizadas. Este punto se retomará al final del trabajo, con el objetivo de ofrecer una síntesis complementaria, de acuerdo con el grado de diversificación y el tipo de producto de exportación.

6 La inserción internacional de los sistemas de innovación y producción

En este epígrafe, se analizará el posicionamiento de los países a partir de la inserción productiva internacional desde la perspectiva científica y tecnológica, principalmente a partir del desempeño de los bienes y la especialización y diversificación de la estructura productiva exportadora.

11 Con este indicador, se estima el desempeño y esfuerzos públicos y privados desde distintas dimensiones (ciencia, tecnología e innovación, propiedad intelectual, finanzas y operaciones de capital de riesgo, impacto ambiental y transición energética e impacto socioeconómico de las innovaciones, entre otras).

Respecto a los servicios basados en conocimiento, en la tabla 1, se ofrecen los datos de las exportaciones de servicios TIC (como porcentaje del total de exportaciones). Uruguay, junto con Argentina, Brasil y Colombia, lidera la inserción internacional de este tipo de servicios. En este sentido, se deben destacar la implementación de instrumentos para el desarrollo de la industria del *software* y de servicios informáticos dentro de la planificación estratégica de estos países.

Junto a este parámetro de desempeño, es necesario considerar los indicadores de uso de Internet, dado que permiten dimensionar el acceso como un recurso esencial para los sectores más dinámicos del nuevo paradigma tecnológico. En particular, considerando el tamaño de las economías, cabe destacar a Chile como la economía con mayor cantidad de servidores de Internet, seguido de Uruguay. En el mismo sentido, observando los usuarios de Internet como porcentaje de la población total, Chile lidera el *ranking* (con más del 82 % de la población con acceso a Internet), seguido por Uruguay (76 %) y Argentina (74 %).

En cuanto al análisis de los bienes, en primer lugar, es importante mencionar que el desempeño de las canastas exportadoras durante este período estuvo atravesado por el auge del precio de los productos básicos que experimentó la economía internacional desde 2004. En efecto, la distribución de las exportaciones según su contenido tecnológico, con base en los datos del BID y ordenadas siguiendo la tipología de Lall (2000),¹² revela que los recursos naturales y sus procesamientos (manufacturas basadas en recursos naturales) constituyen el 75 % de las exportaciones de bienes en la región (tabla 2).

Los datos evidencian diferencias sustanciales entre los países. En la tabla 2, se muestra la evolución de esta distribución promedio tomando los años 2004, 2008 y 2016 (años de referencia del ciclo económico), junto con el comportamiento del índice de concentración Herfindal-Hirschman (IHH)¹³ y la evolución del ICE de las canastas exportadoras.

Bolivia, Chile, Ecuador y Uruguay presentan estructuras de exportación donde los recursos naturales y las industrias de procesamiento alcanzan el 80 % del total, aunque con distinto grado de distribución de los productos (tabla 3). En Venezuela, para 2015, más del 95 % de sus exportaciones se explicaban por productos básicos (petróleo y derivados).

Brasil aparece como la economía más diversificada en términos de contenido tecnológico de las exportaciones, seguido por Argentina, Colombia y Uruguay. Asimismo, Brasil, Colombia, Uruguay y Argentina son los países con mayor capacidad exportadora en industrias de alta tecnología en la región.

12 Resulta oportuno reflexionar hasta qué punto los esfuerzos que realizan los países de la región en materia de ciencia, tecnología e innovación son recogidos por la metodología para ordenar las exportaciones según el contenido tecnológico de los bienes. Si bien en este artículo el análisis se realizó siguiendo el enfoque dominante dentro de la bibliografía especializada y recogido por los principales organismos internacionales para la construcción estadística, esta metodología se basa en la caracterización y la complejidad del producto final, subestimando la incorporación de tecnología en los procesos productivos. Esto resulta particularmente importante en las economías especializadas en el procesamiento de recursos naturales renovables, donde el desarrollo de innovaciones endógenas no siempre está contemplado. Este aspecto es abordado de forma transversal a lo largo del artículo. Asimismo, la pretensión comparativa sobre países con estructuras productivas similares otorga a este enfoque una capacidad analítica relevante.

13 Con el índice de Herfindahl-Hirschman, se mide la concentración de la canasta exportadora. Un país con una cartera de exportaciones perfectamente diversificada tendrá un índice de 0, mientras que un país con una sola exportación tendrá un valor de 1 (menos diversificado).

	PB	MRRNN	MBT	MMT	MAT	IHH	ICE 2004	ICE 2008	ICE 2016	ICE 2020
Argentina	46,7	24,6	4,9	17,8	2,4	0,17	0,25	0,34	0,27	0,08
Bolivia	73,8	14,6	4,8	1,5	0,4	0,35	-0,79	-0,76	-0,97	-0,99
Brasil	37,8	20,7	7,8	24,4	6,4	0,10	0,61	0,75	0,55	0,43
Chile	39,6	49,6	1,7	4,5	0,6	0,34	-0,62	-0,23	-0,16	-0,19
Colombia	52,4	16,1	10,5	13,9	2,4	0,25	-0,06	-0,03	0,10	0,13
Ecuador	72,5	20,3	2,3	3,0	0,8	0,47	-1,01	-0,82	-1,02	-1,10
Paraguay	49,2	10,2	4,0	1,9	0,5	0,40	-0,51	-0,65	-0,74	-0,45
Perú	43,6	26,6	8,4	2,4	0,4	0,25	-0,91	-0,71	-0,63	-0,68
Uruguay	53,7	20,9	14,5	7,1	2,1	0,21	0,14	0,06	0,17	0,00
Venezuela	75,4	16,5	2,0	6,1	0,4	0,73	-0,21	-0,10	-0,60	-1,00

Nota: PB: productos primarios; MRRNN: manufacturas basadas en recursos naturales; MBT: manufacturas de baja tecnología; MMT: manufacturas de media tecnología; MAT: manufacturas de alta tecnología; IHH: índice de concentración Herfindal-Hirschman; ICE: índice de complejidad económica.

Tabla 2

Distribución del contenido tecnológico de los bienes exportados (promedio de 2004, 2008 y 2016), IHH e ICE años seleccionados

Fuente: elaboración propia con base en datos del BID y el OEC (2023).

Esta clasificación de los bienes según el contenido tecnológico basada en la tipología de Lall (2000) asume que la mayor intensidad de conocimiento en la producción implica, en general, mayor valor agregado, alentando al desarrollo económico y tecnológico del país. En efecto, la producción de estos bienes suele evidenciar trayectorias productivas con significativas inversiones en investigación y desarrollo, afectando positivamente a la diversidad de la estructura productiva.

Si bien el análisis se realiza siguiendo el enfoque dominante dentro de la bibliografía especializada —y recogido por los principales organismos internacionales para la construcción estadística—, esta metodología se basa en la caracterización y la complejidad del producto final, subestimando la incorporación de tecnología en los procesos productivos y el relacionamiento entre sectores. Resulta oportuno cuestionar si los esfuerzos que realizan los países de la región en materia de ciencia, tecnología e innovación son recogidos en este enfoque. Esto resulta particularmente importante en las economías especializadas en el procesamiento de recursos naturales renovables, donde el desarrollo de innovaciones endógenas no está contemplado.¹⁴

En tal sentido, es importante subrayar la necesidad de acompañar este tipo de indicadores con un análisis cualitativo y cuantitativo de los sistemas de innovación y producción, tal como se ha realizado en la primera parte del trabajo. Asimismo, en los estudios más recientes, se incorpora el mencionado enfoque de la complejidad recogido en el ICE, el cual funciona como un *proxy* para esti-

14 Por mencionar dos ejemplos, el desarrollo de semillas modificadas genéticamente que pueden dar lugar a importantes saltos en la productividad es recogido como exportaciones de productos con el menor nivel de tecnología posible. Asimismo, la producción de celulosa o madera es catalogado como rudimentario en términos tecnológicos, pero, detrás de este proceso, se sostienen dinámicos ecosistemas de innovación con los que buscan mejorar la productividad y disminuir el impacto ambiental. Para una crítica a este enfoque véase Hatzichronoglou (1997) y Aboal *et al.* (2016).

mar la complejidad en términos de intensidad científica y tecnológica (grado de especialización requerido) y diversidad (variedad de productos) de las exportaciones (Bahar *et al.* 2014).

La evolución del ICE muestra que todas las economías de la región presentan un índice de complejidad bajo. Brasil es el país que muestra mayor complejidad, seguido por Argentina y Uruguay. Asimismo, es necesario destacar el desempeño de Colombia, con valores positivos desde 2016. Por su parte, el resto de los países tienen un ICE negativo, destacándose los casos de Ecuador, Bolivia y Venezuela con el peor desempeño.

Por su parte, el desempeño del IHH muestra, en todos los casos, excepto en Paraguay, Ecuador y Chile, un aumento de la concentración de las canastas exportadoras. En efecto, confirma el mayor grado de diversificación en Brasil, seguido por Argentina, Uruguay y Perú, que se encuentran por debajo del promedio regional para 2016 (IHH de 0,3). Por su parte, Ecuador, Paraguay, Bolivia y Venezuela son las economías menos diversificadas, mientras que Chile y Colombia se ubican en torno al valor promedio regional.

Con todo, y a partir de los datos disponibles en la tabla 3, en los que se muestran los tres principales productos de exportación de cada país para el año 2019 y su representación agregada respecto al total, es posible terminar de trazar un perfil específico de las capacidades de cada país, de acuerdo con su especialización comercial.

En este orden de análisis, además de la diversificación y el contenido tecnológico, resulta clave observar la distribución entre los principales productos de exportación y pensar en la especialización distinguiendo los recursos renovables y no renovables como un elemento fundamental en torno a la sostenibilidad de los sistemas de innovación y producción de la región. Esta dimensión resulta fundamental para pensar en la inserción internacional futura y las posibilidades de vinculación interregional de cara a los determinantes del nuevo paradigma tecnológico orientado por los desafíos ambientales (Colombo y De Angelis 2021).

Consecuentemente, a partir de estos datos, es posible diferenciar entre aquellas economías sustentadas en la producción de recursos no renovables (petróleo y derivados de su procesamiento, metales y minerales y derivados) y aquellas economías más dinámicas con capacidad de producción e inserción con base en los recursos renovables (la tierra para la producción de cultivos y la cría de animales, así como el uso de los mares para la obtención de pescados y moluscos).

En las primeras, donde se encuentran Bolivia, Chile, Colombia, Perú, Venezuela y Ecuador, se evidencia, además, una mayor concentración en torno a estos productos asociados a formas no renovables de producción. De manera adicional, resulta clave observar que las trayectorias tecnológicas globales en torno a estas indus-

trias se orientan, fundamentalmente, en mejoras en la productividad a partir de una mayor eficiencia de las formas extractivas y en morigerar el impacto ambiental.

País/producto	% primer producto de exportación	% segundo producto de exportación	% tercer producto de exportación	Total 3 productos principales
Argentina	Pélets y residuos de aceite de soja	Maíz	Vehículos de motor para transporte	29,5 %
	13,8	9,7	5,99	
Bolivia	Gas petróleo	Oro	Zinc	63 %
	29,5	23	10,5	
Brasil	Haba de soja	Petróleo	Minerales de hierro	31,9 %
	11,4	10,6	9,9	
Chile	Mineral de cobre	Cobre refinado	Pescado filetes	48,7 %
	25,9	18,9	3,93	
Colombia	Petróleo	Carbón	Petróleo refinado	53,8 %
	32,2	13,9	7,7	
Ecuador	Petróleo	Crustáceos	Bananas	66,3 %
	34,3	17	15	
Paraguay	Haba de soja	Electricidad	Harina de soja	49,3 %
	20,3	20,1	8,9	
Perú	Mineral de cobre	Oro	Petróleo refinado	45,2 %
	26	14,5	4,7	
Uruguay	Pulpa de madera	Carne bovina congelada	Habas de soja	41,1 %
	17,2	16,5	7,4	
Venezuela	Petróleo	Petróleo refinado	Alcoholes acíclicos	90,40 %
	83,1	5,1	2,2	

Tabla 3

Principales productos de exportación por países, 2019

Fuente: elaboración propia con base en los datos del OEC.

Por su parte, entre las segundas, donde colocamos a Argentina, Paraguay, Uruguay y Brasil, los sistemas de innovación y producción permiten sustentar las mejoras de productividad en el escalonamiento en las cadenas globales de valor a partir de formas de producción renovables con base en la incorporación de desarrollos tecnológicos endógenos.

En este orden de análisis, a partir de lo expuesto, es posible pensar la construcción de una tipología sobre la base de la caracte-

rización realizada de los sistemas de innovación y producción en la región. En la tabla 4, se resumen los principales resultados a partir de dos categorías: en primer lugar, el tipo de economía (innovadora o no innovadora), determinado por las capacidades del sistema de innovación y producción analizado en el tercer epígrafe y, en segundo lugar, el tipo de producto a partir de la participación de los principales bienes en la canasta exportadora, distinguiendo entre los renovables y no renovables, junto con el grado de concentración y la complejidad en términos tecnológicos de su canasta exportadora (diversificada y no diversificada).

Tipo de economía/tipo de producto	Innovadora	No innovadora
Diversificada y renovable	Brasil	
	Argentina	
	Uruguay	
Diversificada y no renovable		Perú
No diversificada y renovable		Paraguay
No diversificada y no renovable	Chile	Ecuador
	Colombia	Bolivia
		Venezuela

Tabla 4

Síntesis de los tipos de economía en América del Sur

Fuente: elaboración propia.

A partir de allí, resultan cinco categorías de países.

En primer lugar, se sitúa el grupo de economías con mayores capacidades de innovación, especializados en el procesamiento de recursos naturales renovables y con una estructura de exportaciones diversificada. En este grupo se ubican Brasil, Argentina y Uruguay.

En segundo lugar, dentro de las economías innovadoras, se encuentran Chile y Colombia, que presentan una estructura de exportaciones dominada por los productos no renovables de bajo contenido tecnológico, concentrada en los minerales, en el caso de Chile, y en el petróleo y carbón, en el caso de Colombia.

En tercer lugar, en cuanto a los países no innovadores, Perú presenta una economía especializada en productos no renovables, pero con una estructura de exportaciones menos concentrada que sus pares, con un IHH por debajo de la media regional y una mejor distribución de los principales productos de exportación.

En una cuarta categoría, encontramos a Paraguay, como una economía no innovadora y dentro de los países especializados en el procesamiento de recursos naturales renovables, pero menos diversificada.

Por último, en quinto lugar, tenemos el caso de Ecuador, Bolivia y Venezuela, como economías no innovadoras, especializadas en la

producción y el procesamiento de recursos naturales no renovables y con un grado de concentración de las exportaciones medido por el IHH por encima de la media regional.

7 Conclusiones

Este artículo se considera una línea de partida para trabajos que permitan profundizar en el análisis sobre la realidad regional desde una perspectiva comparada. En la introducción al problema, se señaló la heterogeneidad como un elemento omnipresente que obliga a pensar en categorías que otorguen una mayor precisión analítica y, al mismo tiempo, alertar sobre las inconsistencias de las generalizaciones en la región. En este marco, y recuperando la tradición estructuralista junto con la dimensión sistémica de la innovación y la perspectiva científica y tecnológica de la inserción internacional, en el trabajo, se recogen dos grandes categorías para ofrecer una caracterización de los sistemas de innovación y producción en América del Sur.

Esta tipología, que obliga a profundizar la perspectiva analítica como un campo de estudio interdisciplinario, fue pensada desde lo general a lo particular. Señalamos que el ritmo del crecimiento económico en la región en un contexto de auge de los precios de las materias primas marcó el ciclo de fortalecimiento y debilitamiento de la ciencia, la tecnología y la innovación en términos presupuestarios en lo que va del siglo XXI. En efecto, el proceso de planificación estratégica en la región coincidió con las posibilidades de implementación a dos velocidades, lo que hace evidente la relación entre el ciclo económico y el fortalecimiento científico y tecnológico.

No obstante, el aprovechamiento de las condiciones contextuales no fue uniforme en todos los países y los resultados varían, de acuerdo con las especificidades de cada uno, con interesantes puntos en común sintetizados en la tipología propuesta. Así, en la segunda parte del trabajo, la observación de cada país en torno a los indicadores de insumo y de resultado muestran divergencias regionales y ciertas coincidencias temporales por bloques de países, lo cual permitió agrupar las economías en innovadoras y no innovadoras.

En cuanto a la inserción externa y el análisis desde la perspectiva propuesta, consideramos que la tipificación con base en el grado de intensidad científica y tecnológica de la canasta exportadora resulta útil en términos analíticos y continúa siendo relevante y consistente con enfoques más novedosos, como el de la complejidad, pero que, al mismo tiempo, debe ser complementada desde una perspectiva cualitativa. Asimismo, es necesario problematizar

la identificación de la especialización en el procesamiento de productos renovables y no renovables (y su relación con los procesos de innovación). En particular, este punto resulta clave frente a la etapa actual de transformación tecnológica global que converge en la centralidad del medio ambiente y la sustentabilidad como guías para la innovación e, incluso, para la definición de las asociaciones interregionales estratégicas.

Estas son problemáticas relevantes que deben destacarse y que obligan a correr el velo de las generalizaciones para poder visibilizar la importancia de las políticas de ciencia, tecnología e innovación de manera contextualizada y sujetas a las particularidades de cada trayectoria y camino recorrido; de allí la insistencia y el reconocimiento, desde una perspectiva teórica, de la categoría de sistemas de innovación y producción como superadora respecto al concepto de sistemas nacionales de innovación. En particular, el artículo abre camino en torno a la necesidad de avanzar, desde las categorías propuestas, en un estudio de tipo comparado para dimensionar los resultados de las políticas de investigación y desarrollo, como también de la fijación de prioridades estratégicas en el marco de cada modelo de desarrollo. Esto permitirá identificar y distinguir las dinámicas endógenas de aquellas que responden a la inserción internacional y las condiciones del mercado global.

En efecto, siguiendo la tipología propuesta, en la tabla 4, se ordenan los países con mejor desempeño arriba y a la izquierda, y los países con peor desempeño abajo y a la derecha. Esta orientación, lejos de ser taxativa, expresa las potenciales sinergias a la hora de diseñar instrumentos de política, al tiempo que ofrece una guía para el diseño de futuros estudios comparativos.

Con todo, a partir de este artículo, se busca constituir un aporte para retomar las discusiones fundamentales sobre el desarrollo y la inserción internacional de la región conscientes de que, para la superación de los principales desafíos, no alcanza con el reconocimiento de un pasado y un destino común, sino que se deben tener en claro las diferencias y las restricciones al desarrollo de cada país.

8 Agradecimientos

Ignacio De Angelis es profesor investigador del Centro de Estudios Interdisciplinarios en Problemáticas Internacionales y Locales (Ceipil) de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Unicen, Argentina) y colaborador del MIEM (Universitat de València, España). El trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación posdoctoral del Consejo Nacional de Investi-

gaciones Científicas y Técnica (Conicet, Argentina) y del programa de posdoctorado del área de Estudios Globales de la Universidad Andina Simón Bolívar (Ecuador). El autor agradece al profesor Manuel Sanchis i Marco por la oportunidad para compartir su investigación en distintos foros durante su estancia en la Universidad de Valencia.

9 Bibliografía

- ABOAL D, ARZA V, ROVIRA F (2016). Technological content of exports. *Economics of Innovation and New Technology* 26(7):1-22.
- AGUIRRE J, LO VUOLO R (2013). *Variedades de capitalismo: una aproximación al estudio comparado del capitalismo y sus aplicaciones para América Latina*. Centro Interdisciplinario para el Estudio de las Políticas Públicas, Buenos Aires.
- AMABLE B (2004). *The Diversity of Modern Capitalism*. Oxford University Press, Nueva York.
- AMABLE B, BARRE R, BOYER R (2008). *Los sistemas de innovación en la era de la globalización*. Miño y Dávila, Buenos Aires.
- AROCENA R, SUTZ J (2004). Desigualdad, subdesarrollo y procesos de aprendizaje. *Nueva Sociedad* 193:46-61.
- BAHAR D, HAUSMANN R, HIDALGO C (2014). Neighbors and the evolution of the comparative advantage of nations: evidence of international knowledge diffusion? *Journal of International Economics* 92(1):111-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinteco.2013.11.001>, acceso 21 de septiembre de 2021.
- BÉRTOLA L, OCAMPO JA (2013). *El desarrollo económico de América Latina desde la independencia*. Fondo de Cultura Económica, México.
- BIZBERG I, THÉRET B (2014). Introducción. En: Bizberg I. *Variedades de capitalismo en América Latina: los casos de México, Brasil, Argentina y Chile*. El Colegio de México, México, pp. 11-39.
- BORTAGARAY I (2016). *Políticas de Ciencia, Tecnología, e Innovación Sustentable e Inclusiva en América Latina*. Unesco, Montevideo.
- CARDOSO F, FALETTO E (1996). *Dependencia y desarrollo en América Latina: ensayo de interpretación sociológica*. Editorial Siglo XXI, México.
- CASAS R, CORONA J, RIVERA R (2014). *Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina: entre la competitividad y la inclusión social*. Siglo XXI, México.
- CIMOLI M, PORCILE G (2013). *Tecnología, heterogeneidad y crecimiento: una caja de herramientas estructuralista*. Cepal, Santiago de Chile.
- CNIC (2010). *Análisis y propuestas en Ciencia, Tecnología e Innovación Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad de Chile*, Santiago de Chile.
- COLOMBO S, DE ANGELIS I (2021). La República Popular China y los Estados Unidos: revolución científico-tecnológica y disputa tecnológica en el siglo XXI. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales* 66(243):163-189.
- CONPES (2009). *Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Consejo Nacional de Política Económica y Social, Bogotá.
- DAGNINO R (2012). Why science and technology capacity building for social development? *Special Section: The Use of Knowledge for Social Inclusion, Science and Public Policy* 39(5):548-556. <http://dx.doi.org/10.1093/scipol/scs068>, acceso 2 de marzo de 2018.
- DAGNINO R, THOMAS H, DAVYT A (1996). El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. *Revista de Estudios Sociales de la Ciencia* 3(7):13-51.
- DE ANGELIS I (2017). *Políticas de ciencia y tecnología para la producción industrial: modelos de desarrollo y sistemas de innovación en Argentina*. *Revista de Gestión Pública* 6(2):247-281.

- DE ANGELIS I (2018). Autonomía tecnoeconómica en la periferia: dimensiones para su análisis frente a la emergencia de un nuevo paradigma. Papeles de Trabajo – Dossier Saber y Tiempo 1(2):33-55.
- DE ANGELIS I (2020). China y América Latina frente al nuevo paradigma tecnoeconómico. Instituto de Relaciones Internacionales, Boletín del Departamento de América Latina y El Caribe (74). <https://www.iri.edu.ar/wp-content/uploads/2021/09/a2021AlatinaArtDeAngelis.pdf>, acceso 18 de enero de 2022.
- DE ANGELIS I (2022). América Latina frente a la transformación tecno-económica global. En Vera N (ed.). Ciencia, tecnología y política exterior. Reflexiones desde y para la (semi)periferia. Ceipil-Unicen, Tandil, pp. 173-183.
- EDQUIST C (2001). Systems of innovation for development. Background paper for UNIDO World Industrial Development Report (WIDR). Linköping University, Linköping.
- FREEMAN C (2008). Systems of Innovation. Selected Essays in Evolutionary Economics Cheltenham. Edward Elgar, Northampton (Massachusetts).
- GIBBONS M, LIMOGES C, NOWOTNY H, SCHWARTZMAN S, SCOTT P, TROW M (1997). La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas. Pomares, Barcelona.
- GREGOSZ D (2016). La fuerza de la innovación y el emprendimiento. Konrad-Adenauer-Stiftung, Santiago de Chile.
- HALL P, THELEN K (2009). Institutional change in varieties of capitalism. Socio-Economic Review 7(1):7-34.
- HATZICHRONOGLU T (1997). Revision of the high-technology sector and product classification. OCDE STI, Working Papers (2).
- LALL S (2000). The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-98. Oxford Development Studies 28(3):337-369.
- LEMARCHAND G (2016). Los ritmos de las políticas CTI y de sus paradigmas tecnoeconómicos/organizacionales en ALC (1945-2030). Unesco, Montevideo.
- LUNDEVALL B (2009). Investigación en el campo de los sistemas de innovación: orígenes y posible futuro. En: Sistemas nacionales de innovación. Hacia una teoría del aprendizaje por interacción. Unsam, Buenos Aires.
- MADARIAGA A (2018). Variedades de capitalismo y sus contribuciones al estudio del desarrollo en América Latina. Política y Gobierno 25(2):441-468.
- MAZZUCATO M (2018). The Value of Everything: Making and Taking in the Global Economy. Penguin Books, Londres.
- MINCYT (2012). Plan Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos 2012-2015. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Buenos Aires.
- MNCTB (2007). Ciencia, Tecnología e Innovación para o Desenvolvimento Nacional. Ministerio da Ciencia e Tecnologia de Brasil. Ministerio da Ciencia e Tecnologia, Brasilia.
- ORTIZ R, EYZAGUIRRE P (2016). Innovación y emprendimiento en Perú: desafíos y oportunidades de la región para sumarse a la sociedad del conocimiento. En: La fuerza de la innovación y el emprendimiento. Konrad-Adenauer-Stiftung, Santiago de Chile, pp. 209 -227.
- PÉREZ C (2013). Una visión para América Latina: dinamismo tecnológico e inclusión social mediante una estrategia basada en los recursos naturales. Revista Económica 14(2):11-54.
- PINTO H (2012). Instituciones, innovación y transferencia de conocimiento: contribuciones de los estudios sobre las variedades del capitalismo. Ciencia, Pensamiento y Cultura 188(753):31-47.
- SÁBATO J (2011). El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología desarrollo-dependencia. Ediciones Biblioteca Nacional, Buenos Aires.
- SCHNEIDER B, SOSKICE D (2009). Inequality in developed countries and Latin America: coordinated, liberal and hierarchical systems. Economy and Society 38(1):17-52.
- SECYT (2006). Plan Estratégico Bicentenario. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2006-2010. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la República Argentina, Buenos Aires.
- SENACYT (2007). Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología de Ecuador. Senacyt, Quito.

- SERVÍN M (2016). El sistema nacional de innovación en el Paraguay. En: La fuerza de la innovación y el emprendimiento. Konrad-Adenauer-Stiftung, Santiago de Chile, pp. 189-208.
- SUNKEL O (1991). Del desarrollo hacia adentro al desarrollo desde dentro. *Revista Mexicana de Sociología* 53(1):3-42.
- THEIS I (2013). A Sociedade do Conhecimento realmente existente na perspectiva do desenvolvimento desigual. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* (5): 133-148.
- VCYT (2013). Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Viceministerio de Ciencia y Tecnología. Ministerio de Educación del Estado Plurinacional de Bolivia, La Paz.
- ZIMAN J (2000). *Real Science. What it is, and what it means.* Cambridge University Press, Cambridge.