



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo

Productividad y déficits de innovación en la Región Andina

Kenji Moreno
María Cecilia Deza

Departamento de Países
del Grupo Andino

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-2596

Diciembre 2022



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo

Productividad y déficits de innovación en la Región Andina

Kenji Moreno
María Cecilia Deza

Banco Interamericano de Desarrollo
Departamento de países del Grupo Andino

Diciembre 2022

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Moreno, Kenji.

Productividad y Déficit de Innovación en la Región Andina / Kenji Moreno, María
Cecilia Deza.

p. cm. — (Nota Técnica del BID ; 2596)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Productivity accounting-Andes Region. 2. Technological innovations-Andes Region.

3. Competition-Andes Region. 4. Research, industrial-Andes Region. 5. Economic

development-Andes Region. I. Deza, María Cecilia. II. Banco Interamericano de

Desarrollo. Departamento de Países del Grupo Andino. III. Título. IV. Serie.

IDB-TN-2596

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Productividad y déficits de innovación en la Región Andina

Kenji Moreno

María Cecilia Deza

Resumen

El presente documento estudia detalladamente la productividad en la Región Andina entre 1990 y 2018. Para ello, se realiza un análisis de la contabilidad del crecimiento considerando ajustes por calidad y utilización de los factores de producción. Posteriormente, el documento explora si la brecha de productividad entre la Región Andina y los países desarrollados se debe a un déficit de innovación (bajo nivel de inversión en I+D) o a un problema de acumulación. Surgieron varios hallazgos. Primero, la ausencia de ajustes por calidad y utilización de los factores de producción genera estimaciones más optimistas (y sesgadas) de la productividad total de factores (PTF) que cuando se incorporan tales ajustes. Segundo, el vínculo entre la productividad y los términos de intercambio ha sido heterogéneo en los países andinos. Tercero, todos los países andinos experimentan déficits de innovación: el nivel de innovación está por debajo de lo esperado debido al alto costo de la adopción de la innovación y a las distorsiones de las políticas que han persistido durante las últimas tres décadas. De esa forma, alertamos sobre la contribución decreciente de la productividad en el crecimiento de los países andinos y destacamos la necesidad de establecer condiciones más favorables para la innovación.

Palabras claves: productividad, I+D, términos de intercambio, desarrollo económico, Región Andina.

Clasificación JEL: O11, O30, O47, O54

1. Introducción

“La productividad no lo es todo; pero, en el largo plazo, lo es casi todo.”

Paul Krugman (1994)

En el corto plazo, el crecimiento económico de un país puede estar determinado por la disponibilidad de los factores de producción, así como los costos para acceder a ellos. Tales elementos son protagonistas de los extensamente estudiados ciclos económicos. No obstante, para momentos posteriores al corto plazo, la discusión podría tornarse más compleja. En el largo plazo, importan también las dinámicas de los factores productivos, así como el grado de eficiencia con que esos factores son utilizados y/o asignados. Dicha eficiencia es usualmente llamada ‘productividad’ y suele relacionarse con la calidad de los factores de producción, es decir, con la calidad del capital y de la mano de obra con que cuenta un país (Céspedes *et al.*, 2016), así como elementos transversales, como la disponibilidad de tecnología, estructuras de mercado, el contexto externo y factores institucionales¹. De tal forma, la productividad depende, en gran parte, del diseño de las políticas económicas en los ámbitos fiscal, comercial, financiero y laboral. Por su parte, la amplia variedad de factores, que determinan la productividad, ha llevado a desagregar su estudio en múltiples aspectos microeconómicos². Con creciente importancia, la literatura destaca el rol de una eficiente asignación de factores en la productividad de las empresas y, por tanto, en la productividad agregada (Foster *et al.*, 2001; y Hsie y Klenow, 2009). Por consiguiente, tiene sentido que un mayor grado de eficiencia o productividad permita expandir la frontera de posibilidad de producción de la economía fortaleciendo una senda de crecimiento en el ingreso por habitante persistente en el tiempo. Por tanto, siguiendo las palabras de Krugman, la productividad es fundamental para definir el crecimiento o desarrollo de un país en el largo plazo.

Sin embargo, la estimación de la productividad no está exenta de desafíos o factores limitantes. Uno de los más importantes es que, al ser estimada como un residuo, depende altamente de una adecuada estimación de la contribución del capital físico y el trabajo, así como de la forma de la función de producción. Las medidas tradicionales de capital físico y humano son incompletas y, como se explicará más adelante, tienden a sobreestimar la contribución de la productividad al crecimiento.

Ahora bien, de acuerdo con datos del Banco Mundial, el PIB por trabajador en los países de la Comunidad Andina (Región Andina)³ en 2020 es alrededor del 35% mayor que el del año 2000 (ver el Gráfico 1). Sin embargo, si trasladamos el análisis a un enfoque relativo con respecto a un país desarrollado, se evidencia una marginal o nula convergencia (ver el Gráfico 2). Esto realza la necesidad de una adecuada comprensión de la dinámica de la productividad en los países andinos.

¹ En Ruiz-Arranz y Deza (Eds.) (2018), se presenta un análisis de los factores que llevan a una ineficiente asignación de recursos en la Región Andina.

² Ver Syverson (2011) para una recopilación de las contribuciones existentes.

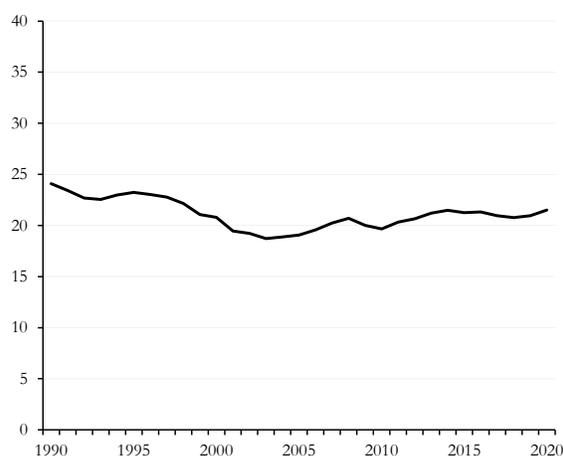
³ La Región Andina está conformada por Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Debido a la disponibilidad y fiabilidad de la información, este documento no considera Venezuela.

Por otra parte, la receta usual que se le hace a países en desarrollo, como los de la Región Andina, para incrementar su productividad es impulsar la innovación a través de una mayor inversión en investigación y desarrollo (I+D). La base de dicha recomendación consiste en que los países desarrollados evidencian un mayor gasto en I+D (promedio OCDE: 2,03% del PIB⁴) que los países con menor grado relativo de desarrollo (promedio Región Andina: 0,24% del PIB⁵), lo que sentaría la idea de que la región presenta un déficit de innovación. Sin embargo, Maloney y Rodríguez-Clare (2005) advierten que este tipo de análisis comparativo no considera que la inversión en I+D en un país se encuentra afectada por el patrón de especialización, incentivos y distorsiones de su economía. Basados en ello, los autores cuestionan si los países ricos en recursos naturales, como los de Sudamérica, realmente deberían invertir en I+D tanto como lo hacen los países más dependientes de la manufactura. En ese sentido, cuestionan también la idoneidad de políticas de fomento de innovación en países con bajo gasto en I+D, cuando ello último podría ser, en realidad, la materialización de problemas estructurales sobre la acumulación de capital.

Gráfico 1. PIB por trabajador en la Región Andina (2000=100)



Gráfico 2. PIB por trabajador en la Región Andina (% del PIB por trabajador en EE. UU.)



Fuente: elaboración propia con base en datos del Banco Mundial.

Nota: los datos agregados están promediados con base en el PIB ponderado por paridad de poder de compra.

En este sentido, este estudio ofrece un análisis de la evolución de la productividad en la Región Andina ajustando por la calidad y utilización de los factores de producción. Posteriormente, para establecer recomendaciones de políticas que puedan apuntalar el crecimiento de la productividad, se evalúa si efectivamente la región sufre de déficit de innovación. Así, se podría motivar un aprovechamiento más proactivo del margen que actualmente tienen las políticas públicas para dar sostenibilidad al crecimiento de largo plazo.

Este documento se divide en seis secciones. Después de esta introducción, la segunda sección presenta una discusión sobre el debate académico relevante en los tópicos abordados. Posteriormente, la tercera sección explica las metodologías que usaremos para estimar la PTF

⁴ Considera los últimos datos disponibles del Banco Mundial.

⁵ Considera los últimos datos disponibles del Banco Mundial.

para la Región Andina incorporando ajustes por los factores de producción, y para identificar la existencia de déficits de innovación. La cuarta sección ofrece una breve descripción de la evolución de las variables relevantes. Así, la quinta sección muestra los resultados. Allí también ofrecemos un análisis de sensibilidad de los cálculos ante distintos valores de los parámetros más relevantes, y un breve análisis de la relación entre la PTF y los términos de intercambio. Finalmente, la sexta sección presenta las principales conclusiones del estudio.

2. Marco teórico

Hace más de sesenta años, Solow (1957) desarrolló un marco de descomposición del crecimiento económico, que se basa en un enfoque de función de producción agregada de la economía. Bajo ese enfoque, la producción total de un país es explicada por las contribuciones de sus factores productivos, entre los cuales se destacan el capital humano, el capital físico y la productividad total de factores (PTF). Bajo este enfoque, la PTF, que es la materia de interés para el presente documento, es usualmente conocida como “el residuo de Solow”, puesto que es obtenible luego de descontar del crecimiento económico las contribuciones ponderadas del resto de factores de producción (Fuentes *et al.*, 2004). En otras palabras, captura todos los factores no observables que completan la explicación del producto agregado y, por ello, su medición no está exenta de riesgos o complejidades. Es decir, al ser un indicador no observable, la PTF depende del método de estimación, así como de los supuestos relacionados a los factores productivos y a la función de producción empleados.

El método de Solow (1957) también es conocido como el método primal y, tal como se señaló líneas arriba, las estimaciones de la PTF procedentes de este enfoque dependen altamente de los supuestos utilizados con respecto a la función de producción empleada. Una alternativa a esta metodología es el enfoque dual desarrollado por Hsieh (2002), que aproxima el crecimiento de la PTF a partir de mediciones sobre las productividades marginales o retornos de los factores de producción. Bajo un contexto de correcta especificación de los enfoques dual y primal, ambas metodologías deberían de ofrecer resultados equivalentes (Céspedes y Ramírez-Roldán, 2016). Para fines de este estudio, se ahondará únicamente en el análisis bajo el enfoque primal⁶.

Resulta importante también presentar una discusión sobre cómo medir los otros factores de producción: el capital físico y el capital humano. Para ello, la forma más básica de medirlos es mediante el *stock* de capital y la cantidad de trabajadores, respectivamente, que existen en la economía en un momento determinado (Fuentes *et al.*, 2004). Sin embargo, esa estrategia de medición no permite capturar el empleo efectivo que se da a tales factores de producción (OCDE, 2001) y, por tanto, no permitiría medir adecuadamente la contribución de ellos en el crecimiento económico. Así, la no incorporación de algún tipo de ajuste por calidad o utilización del factor de producción generaría resultados sesgados en la estimación de la PTF (Céspedes y Ramírez-Roldán, 2016), debido a que cambios en ambos ajustes (por calidad y por utilización) serían tratados como cambios en la PTF. Por esta razón, la literatura estudiada implementa efectivamente algún tipo de ajuste sobre los factores productivos a fin de ofrecer estimaciones

⁶ Céspedes y Ramírez-Roldán (2016) presentan un análisis de la PTF en Perú bajo el enfoque dual.

más confiables de la PTF. Con fines comparativos, este estudio estimará la PTF con y sin ajustes por calidad y utilización de los factores de producción.

La literatura sobre la contabilidad del crecimiento es afortunadamente extensa, incluso para casos comparables a la Región Andina. Un ejemplo de ello se plantea en Caselli (2014), quien realiza un análisis de contabilidad del desarrollo para 22 países de América Latina. Dicho análisis se basó en el enfoque primal con una función de producción expresada en su forma intensiva, es decir, en términos de insumos y producto por trabajador. De un lado, el capital humano fue medido bajo un enfoque *minceriano*, donde los insumos claves son educación, salud y habilidades cognitivas. De otro lado, el capital físico fue medido como un agregado de capital reproducible (equipo e infraestructura) y capital natural (esencialmente recursos del subsuelo, tierras cultivables y recursos forestales). El autor encuentra que, en promedio, el capital (físico y humano) por trabajador de un país latinoamericano está por debajo de la mitad del capital por trabajador de Estados Unidos. Adicionalmente, la eficiencia en el uso del capital por trabajador en un país latinoamericano promedio representa solamente entre el 44% y 60% de la eficiencia en el uso del capital por trabajador en Estados Unidos.

Resultados similares, aunque bajo una estrategia metodológica relativamente distinta, son hallados por Daude y Fernández-Arias (2010). Los autores calcularon, bajo el enfoque primal, la PTF para 76 países entre 1960 y 2005 para poder comparar el desempeño de América Latina con el de otros países. Para evitar las fluctuaciones originadas por los ciclos económicos, los autores descomponen las series del producto y de los factores de producción, y trabajan únicamente con sus componentes tendenciales. De esa manera, sus resultados son reportados en términos de la tendencia de la productividad. Además, dicha especificación también busca evitar los problemas de usar los *stocks* totales de los factores de producción sin realizar algún ajuste por uso. Así, solamente un subempleo estructural de los factores productivos podría ser interpretado como baja productividad. No obstante, los autores no realizan ningún tipo de ajuste por calidad de los factores de producción. Por tanto, los PTF calculados están influenciados por aspectos como, por ejemplo, diferencias en la calidad de educación entre países. Los autores encuentran que las brechas de crecimiento del ingreso per cápita entre los países de América Latina con otros países se deben a brechas de crecimiento entre sus respectivas PTF. Asimismo, en línea con Caselli (2014), Daude y Fernández-Arias mencionan que la productividad de América Latina se encuentra entre el 50% y 70% de la productividad de EE. UU. Entre las recomendaciones propuestas, resalta la sugerencia de una mayor proactividad en el diseño de políticas que apunten específicamente a elevar la productividad agregada del país, porque las políticas que favorecen la acumulación del capital físico y humano no son suficientes. También se destaca la necesidad de una mayor comprensión de cuán bien y cuán rápido se asignan los factores productivos a los agentes económicos más productivos.

Por su parte, Fuentes *et al.* (2004), y Magendzo y Villena (2012) estudian la dinámica de la PTF en Chile, también bajo un enfoque primal. Por un lado, Fuentes *et al.* (2004) estudian los determinantes del comportamiento de la PTF en Chile entre 1960 y 2003. Los autores capturan el capital humano empleando las horas trabajadas y la calidad del trabajo como factores de producción independientes. Con respecto a la calidad del trabajo, emplean dos medidas alternativas para su medición: los años de estudio y una estimación de fuerza laboral ponderado por nivel educativo. Con respecto al capital físico, los autores ofrecen dos alternativas para el

ajuste por utilización: la tasa de empleo laboral, y la razón entre el componente cíclico del consumo de energía y su componente tendencial. Finalmente, los autores aplican una regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para explicar la PTF en función de los términos de intercambio; variación cambiaria; indicadores de institucionalidad, estabilidad macroeconómica y de reformas; y de sus propios rezagos. Los autores encuentran que la medición de la PTF es más sensible a los ajustes que se apliquen al capital humano que a los que se aplican al capital físico. Además, demuestran que el alto crecimiento de la PTF entre 1990 y 2003 se explica, principalmente, por la mejoría de los términos de intercambio.

Por otro lado, Magendzo y Villena (2012) realizan una exhaustiva revisión de la literatura y presentan una propuesta de análisis de contabilidad de crecimiento agregado y sectorial. Así, sugieren que el capital humano sea medido como el número de trabajadores efectivamente empleados ajustado por el uso (promedio de horas trabajadas por trabajador) y por la calidad (diferencias salariales como aproximación de productividad). El capital físico es obtenido para distintos tipos de capital físico y ajustado por utilización mediante una corrección por consumo de energía. Su propuesta metodológica se basa en datos de Chile entre 1993 y 2012. Los autores señalan que el crecimiento de Chile se debe, en mayor medida, a la inversión y a las horas efectivamente trabajadas, dejando rezagado el rol de la productividad. Lo anterior representa un riesgo toda vez que la productividad marginal del capital físico es decreciente y que se prevé una reducción de la fuerza laboral a raíz de la movilización demográfica en dicho país.

La evidencia más reciente es provista por Céspedes y Ramírez-Roldán (2016), quienes estudian la PTF en Perú para el período comprendido entre 2001 y 2012 bajo los enfoques primal y dual. Para el enfoque primal, miden el factor trabajo como la población económicamente activa (PEA) y aplican ajustes por uso (tasa de empleo) y por calidad (fuerza laboral por nivel educativo). No obstante, tal como los propios autores advierten, ese enfoque acarrea una fuente considerable de riesgos al no considerar aspectos muy presentes en la idiosincrasia peruana como el subempleo, el autoempleo y la informalidad. Por otra parte, el capital físico se construye a partir del método de inventario perpetuo y se ajusta por uso (aproximación con consumo de energía) y calidad (precio relativo entre la inversión y el consumo). De acuerdo con los autores, la PTF en Perú creció a un ritmo promedio anual de 1,6% en el período estudiado.

Finalmente, con respecto a la verificación de la existencia de déficits de innovación, se cuenta con el marco metodológico elaborado por Klenow y Rodríguez-Clare (2005), que vincula la productividad y el gasto en I+D. Uno de los objetivos principales de esa metodología es estimar el nivel de gasto en I+D que tendría un país si este favoreciera la innovación tanto como lo hace un país desarrollado. Dicho modelo fue posteriormente aplicado a América Latina por Maloney y Rodríguez-Clare (2005). Los autores encuentran que, si bien los países latinoamericanos tienen menor nivel de inversión en I+D como porcentaje del PIB que los países desarrollados, no todos padecen de déficit de innovación. En particular, los autores señalan que es posible establecer tres grupos. El primero consiste en aquellos países cuyos niveles estimados de gasto en I+D superaban ampliamente sus niveles observados. Tales países realmente sufren de déficit de innovación debido a políticas e instituciones que perjudican la profundización en I+D. Lo opuesto ocurre en el segundo grupo, que está conformado por países cuyos estimados de inversión en I+D son inferiores a los observados. Dichos países cuentan con instituciones favorables con la I+D. El problema que experimentan estos países es de acumulación de capital

y no de innovación, por lo que continuar profundizando en I+D no les generaría ganancias significativas en términos de desarrollo. Por último, el tercer grupo implica un término intermedio entre los dos grupos anteriores por cuanto el nivel estimado de gasto en I+D es ligeramente mayor que el nivel observado. Es necesario precisar que esta clasificación no implica que el primer grupo no tenga problemas de acumulación o que el segundo grupo deba abandonar las políticas de innovación, sino que se busca determinar hacia dónde convendría orientar las prioridades.

3. Marco metodológico

3.1 Medición de la productividad

Tal como se señaló en la sección anterior, el punto de partida para el análisis de la contabilidad del crecimiento es la función de producción agregada de la economía. Para nuestra evaluación, emplearemos la función Cobb-Douglas⁷ para aproximar la función de producción en su versión *labor-augmenting* (Ecuación 1).

$$y_t = k_t^\alpha (A_t h_t)^{1-\alpha} \quad (1)$$

Donde y es el producto, k es el capital físico y h es el capital humano. Por su parte, A captura todos los factores no observables que completan la explicación del producto. Para fines de este documento, A será comprendido como la productividad total de factores (PTF). Finalmente, α representa la participación del capital físico en la producción y existe evidencia científica que permite asumirla como invariante en el tiempo y en el nivel de desarrollo (Gollin, 2002).

Ahora bien, con respecto a la medición del capital humano h , la práctica más sencilla es aproximarla como la cantidad de personas empleadas (Solow, 1957).

Por su parte, la construcción del *stock* de capital físico k_t se realiza mediante el método de inventario perpetuo propuesto por Nehru y Dareshwar (1993), que utiliza la ecuación de acumulación de capital físico k (Ecuación 2). Allí se observa que la acumulación del capital físico k actúa en función del capital físico inicial k_0 , de la inversión bruta interna i y de la tasa de depreciación δ . Dicha ecuación puede reescribirse como la Ecuación 3.

$$k_t = (1 - \delta)^t k_0 + \sum_{s=0}^{t-s} i_{t-s} (1 - \delta)^s \quad (2)$$

$$k_t = (1 - \delta)k_{t-1} + i_t \quad (3)$$

Nótese que es necesario conocer k_0 , lo cual es posible a través de la estrategia propuesta por Harberger (1978). Dicha metodología asume un contexto de estado estacionario, donde la tasa

⁷ Además, dado que el debate académico aún no muestra evidencia contundente de rendimientos extraordinarios de los factores de producción, es aceptable asumir rendimientos constantes a escala (Caselli, 2014), lo cual es lograble de manera sencilla mediante el empleo de una función Cobb-Douglas.

de crecimiento del producto g es igual a la tasa de crecimiento del capital físico, y señala que el capital físico inicial k_0 se computa siguiendo la Ecuación 4.

$$k_0 = \frac{i_1}{g + \delta} \quad (4)$$

No obstante, es importante no perder de vista que las series definidas para el capital humano h y físico k no están ajustadas por la calidad y/o el uso de esos factores. Tal como señalamos en la revisión de la literatura, estimar la PTF sin realizar algún ajuste generaría resultados sesgados.

El método de ajuste que aplicaremos al capital físico sigue a Costello (1993), quien sugiere que el consumo del capital físico sea identificado mediante el consumo de energía. De acuerdo con Céspedes y Ramírez-Roldán (2016), el enfoque de Costello (1993) presenta dos importantes ventajas como medida de capital físico: (i) la energía guarda un alto grado de homogeneidad además de medir la calidad invariante del capital físico; y (ii) como la energía no es fácilmente almacenable, su consumo es una buena aproximación de la cantidad de energía efectivamente utilizada en el proceso de producción. De tal forma, siguiendo esas directrices y a Fuentes *et al.* (2004), nuestra medición del capital físico ajustado estará regida por las Ecuaciones 5 y 6.

$$\tilde{k}_t = k_t(1 + v_t) \quad (5)$$

$$v_t = \frac{\hat{n}_t}{\bar{n}_t} \quad (6)$$

Donde v_t , de acuerdo con la Ecuación 6, es la razón entre el componente cíclico \hat{n}_t y el componente tendencial \bar{n}_t de la serie de consumo de energía. De esa manera, \tilde{k}_t es el capital físico ajustado por utilización.

De otro lado, resulta más realista reconocer que el capital humano también es afectado por indicadores tales como el nivel educativo y la salud de la población. De tal forma, siguiendo a Caselli (2014), nuestra medición del capital humano ajustado estará regida por las Ecuaciones 7 y 8.

$$\tilde{h}_t = h_t m_t \quad (7)$$

$$m_t = \exp(\beta_e e_t + \beta_s s_t) \quad (8)$$

Donde e representa la educación medida como años promedio de educación; mientras que s representa la salud medida como la tasa de sobrevivencia a la edad de 65 años. Además, β_e y β_s son, respectivamente, los retornos de la educación y de la salud tal como han sido medidos. Estos elementos contribuyen a explicar el ajuste al capital humano m mediante $\exp(\cdot)$, que es la función exponencial. Por su parte, nuevamente, h es la cantidad de personas empleadas.

Con el objetivo de analizar las implicancias de los ajustes en las mediciones del capital físico y humano sobre la estimación de la PTF, mostraremos resultados para las Ecuaciones 9, 10, 11 y 12; donde A es la PTF simple o sin algún tipo de ajuste, A' es la PTF ajustada por educación y salud, A'' es la PTF ajustada por utilización del capital físico, y A^* es la PTF ajustada por educación, salud y utilización del capital físico.

$$A_t = \left(\frac{y_t}{k_t^\alpha h_t^{1-\alpha}} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (9)$$

$$A'_t = \left(\frac{y_t}{k_t^\alpha \tilde{h}_t^{1-\alpha}} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (10)$$

$$A''_t = \left(\frac{y_t}{\tilde{k}_t^\alpha h_t^{1-\alpha}} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (11)$$

$$A_t^* = \left(\frac{y_t}{\tilde{k}_t^\alpha \tilde{h}_t^{1-\alpha}} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (12)$$

3.2 Identificación de déficits de innovación

Para aplicar el marco metodológico elaborado por Klenow y Rodríguez-Clare (2005), usaremos la función de producción con la forma presentada en la Ecuación 1. Con respecto a los factores de producción, los autores no realizan ajustes al capital físico; mientras que el capital humano es ajustado solamente por años de educación, la cual es asumida constante. En contraste, en este estudio aplicaremos los ajustes presentados para el capital físico (Ecuaciones 5 y 6) y para el capital humano (Ecuación 7). Sobre el último, los años de educación podrán variar entre países y entre períodos. De esa forma, la productividad de cada país estará identificada como A^* .

La acumulación de capital físico seguirá el comportamiento planteado en la Ecuación 3. Asimismo, se asume que el producto puede destinarse a consumo (c), inversión (i) y gasto en I+D (R). Dicha contabilidad es mostrada en la Ecuación 13, donde ρ es el precio relativo de la inversión y se asume invariante en el tiempo.

$$y_t = c_t + \rho i_t + R_t \quad (13)$$

Se impone que existe una tecnología frontera \bar{A} , la cual está determinada por la I+D desarrollada en todo el mundo y crece a una tasa g_A . De esa forma, es posible establecer a como la relación entre el nivel de productividad local y el nivel de productividad mundial (Ecuación 14).

$$a_t = \frac{A_t^*}{\bar{A}_t} \quad (14)$$

Además, se asume que existe un flujo libre de ideas desde el resto del mundo hacia un país específico a un ritmo ε ; y que, también, existe una productividad mínima en I+D similar entre países y denotada por λ . Los autores demuestran que, en estado estacionario, es posible llegar a la expresión de la Ecuación 15; donde S_R representa el gasto en I+D como porcentaje del PIB y \bar{k} es la ratio de capital compuesto sobre PIB (Ecuación 16).

$$a = 1 - \frac{g_A}{\lambda S_R \bar{k} + \varepsilon} \quad (15)$$

$$\bar{k} = m \left(\frac{\tilde{k}}{y} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (16)$$

Bajo este modelo, las políticas de un país deberían estar orientadas a cerrar la brecha entre la productividad local y la productividad mundial, lo que implica aumentar a . A partir de la Ecuación 15, es posible notar que el gasto en I+D permite alcanzar dicho objetivo solo a través de una interacción con el nivel de capital compuesto acumulado \bar{k} . Por lo tanto, impulsar una mayor inversión en I+D (aumentar S_R) podría no tener resultados significativos si se tiene un nivel bajo de \bar{k} (problema de acumulación). En contraparte, si se tiene un nivel relativamente alto de \bar{k} y bajo S_R (déficit de innovación), las políticas de mayor inversión en I+D sí podrían generar significativos resultados sobre la productividad.

Por otra parte, el modelo también considera la caracterización del entorno de innovación tomando en cuenta que los niveles de I+D y productividad de un país son el agregado de I+D y productividad de las empresas que residen en él, respectivamente. De un lado, las políticas e instituciones que afectan el costo de adoptar medidas de innovación son calibradas por ϕ . Así, un valor positivo de ϕ significará que existen costos netos y/o poco favorecimiento a las políticas de innovación. En cambio, un valor negativo de ϕ estará relacionado con un subsidio neto y/o entorno más amigable para las políticas de innovación. De otro lado, es posible que la adopción de I+D por parte de una empresa pueda afectar la productividad de otras empresas. Estas externalidades son capturadas por μ , cuyo valor se encuentra entre 0 y 1. Si μ es 0, entonces no hay externalidades; mientras que, si μ es 1, hay externalidades completas y A^* es determinada por el promedio de I+D realizado entre todas las empresas de la economía.

Klenow y Rodríguez-Clare (2005) también demuestran que el problema de maximización de beneficios de las empresas posee dos condiciones de primer orden en estado estacionario, que determinan los óptimos de inversión en capital físico (Ecuación 17) y de I+D (Ecuación 18).

$$\rho \left(\frac{\tilde{k}}{y} \right) = \alpha \left(\frac{1 - \tau}{r + \delta} \right) \quad (17)$$

$$\Omega (1 - \alpha) \lambda \bar{k} (1 - a) - \frac{g_A a}{1 - a} + \varepsilon (1 - a) = r \quad (18)$$

$$\Omega = \frac{(1 - \tau) (1 - \mu)}{1 + \phi} \quad (19)$$

En la Ecuación 17, τ representa el impuesto a las utilidades de las empresas; mientras que r es la tasa de interés real. r es asumida fija en el tiempo e igual entre países debido a un supuesto de libre movilidad de capitales. Como r es el mismo para todos los países, las diferencias internacionales en \tilde{k} se explican por diferencias en τ .

La Ecuación 18 permite obtener el nivel relativo de productividad a y, así, el nivel óptimo de I+D como porcentaje del PIB. Se considera un factor de ajuste Ω que captura los impuestos (τ), las externalidades (μ) y el entorno de políticas/instituciones para la innovación (ϕ).

A partir del modelo, será posible determinar el nivel de gasto en I+D como porcentaje del PIB que un país andino tendría si tuviera un entorno de políticas/instituciones para la innovación (ϕ) similar al de un país desarrollado. Si el gasto estimado en I+D supera su nivel observado, entonces estaremos frente a un caso real de déficit de innovación. Por el contrario, si el gasto estimado en I+D es inferior a su nivel observado, entonces estaremos frente a un caso de políticas verdaderamente amigables para la innovación, pero con problemas de acumulación.

La evaluación también incluirá el cálculo de cuánto tendría que ser ϕ para que el nivel de gasto en I+D estimado por el modelo sea igual al nivel observado. Si el ϕ requerido para la igualdad es positivo, entonces el país tiene políticas/instituciones que representan costos netos para la innovación y nos encontraremos en un caso de déficit de innovación. En cambio, si el ϕ requerido para la igualdad es negativo, entonces el país mantiene regulaciones amigables para la adopción de innovación y su problema solamente es de acumulación.

Es importante resaltar que, hasta este punto, el modelo de Klenow y Rodríguez-Clare (2005) asume que las diferencias entre niveles de productividad entre países responden únicamente a diferencias en el gasto en I+D y/o nivel de adopción tecnológica. Maloney y Rodríguez-Clare (2005) señalan, no obstante, que las diferencias en productividad también podrían ser consecuencia de barreras comerciales o de regulaciones que limitan la adopción tecnológica. Maloney y Rodríguez-Clare (2005) llaman a ese conjunto de otros motivos como distorsiones, las cuales son capturadas por z .

$$y_t = \tilde{k}_t^\alpha (zA_t\tilde{h}_t)^{1-\alpha} \quad (20)$$

De esa forma, z ayuda a conocer la magnitud de las distorsiones que es necesario considerar para que, asumiendo un entorno favorable para la innovación, el modelo y los datos sean coherentes entre sí. Este nuevo enfoque permitirá tener otro estimado de gasto en I+D que contrastaremos con los datos, y realizaremos el análisis mencionado previamente para el caso sin distorsiones.

3.3 Calibración

El Cuadro 1 presenta los parámetros empleados para los países evaluados de la Región Andina así como para Estados Unidos, que servirá como país desarrollado de referencia. El valor empleado de α fue obtenido del trabajo de Ruiz-Arranz y Deza (Eds.) (2018). Por su parte, δ fue obtenido de Céspedes y Ramírez-Roldán (2016). Luego, la tasa g , que será utilizada en la Ecuación 4, fue calculada como el crecimiento económico promedio histórico hasta 2018 para cada país. β_e y β_s fueron obtenidos de Caselli (2014). De Maloney y Rodríguez-Clare (2005) recogimos sus cálculos para ρ , λ , r , μ y ϕ . Es importante notar que $\phi = -0.20$ implica un subsidio neto a I+D del 20%, lo cual busca replicar el entorno favorable para la innovación que presentan los países desarrollados. De manera similar a Maloney y Rodríguez-Clare (2005), nuestros resultados no varían significativamente ante cambios en ϕ . Finalmente, el valor de g_A

corresponde al crecimiento promedio de la PTF de los países de la OCDE durante el período 1960-2018; mientras que $\varepsilon = g_A$ siguiendo a Maloney y Rodríguez-Clare (2005).

Cuadro 1. Parámetros

Parámetro	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú	EE. UU.
α	0,361698	0,361698	0,361698	0,361698	0,361698
δ	5%	5%	5%	5%	5%
g	3,21%	4,09%	3,85%	3,78%	3,04%
β_e	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
β_s	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
ρ	1,8	1,6	1,1	1,1	0,9
λ	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
g_A	0,83%	0,83%	0,83%	0,83%	0,83%
ε	0,83%	0,83%	0,83%	0,83%	0,83%
r	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086
μ	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
ϕ	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20

Fuente: Ruiz-Arranz y Deza (Eds.) (2018); Céspedes y Ramírez-Roldán (2016); Maloney y Rodríguez-Clare (2005); y datos históricos de cada país.

4. Hechos estilizados

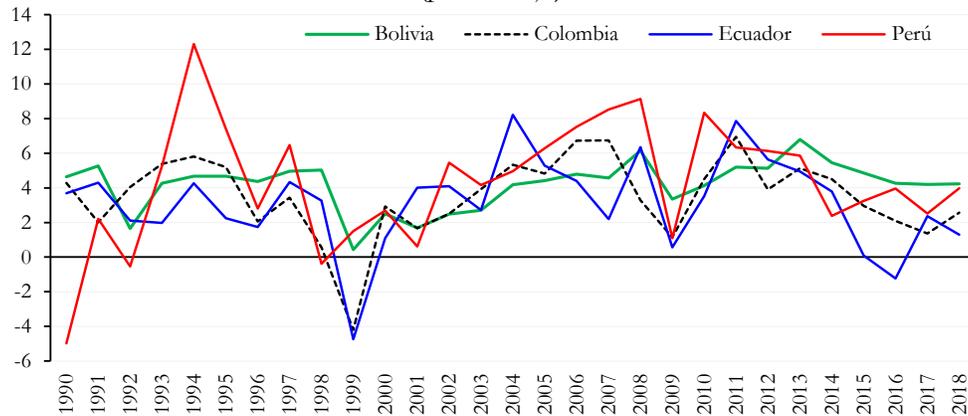
El análisis de productividad y déficit de innovación para la Región Andina es realizado para el horizonte temporal comprendido entre 1990 y 2018 debido a la disponibilidad de información sobre las variables relevantes.

En primer lugar, en el Gráfico 3 se aprecian las dinámicas de crecimiento económico de los países andinos. Se destacan tres recesiones pronunciadas en la década de 1990. La primera de ellas corresponde a 1990 en Perú (-5%), que salía de la marcada inestabilidad económica de la década de 1980. Las otras dos recesiones ocurrieron en 1999. En aquel año, Ecuador (-4,7%) experimentó una combinación de crisis inflacionaria, financiera y fiscal; mientras que Colombia (-4,2%) también atravesó una combinación de crisis financiera y fiscal. Desde entonces, sin considerar la recesión de Ecuador (-1,2%) en 2016, la región evidencia un ininterrumpido crecimiento. No obstante, la dinámica de crecimiento de la región desde el año 2000 no ha sido estable en el tiempo. Particularmente, se observa una aceleración del crecimiento económico de los países andinos entre 2002 y 2013, período que coincide con el *boom* de precios de las principales materias primas de exportación de la región. En consecuencia, entre 2014 y 2018 se observa una desaceleración generalizada.

Por otra parte, el Gráfico 4 muestra el comportamiento de las series vinculadas al capital físico. De un lado, la serie del capital físico sin ajustar fue construida por las Ecuaciones 3 y 4. El panel (a) muestra la evolución del consumo de energía secundaria no residencial, que sirve como factor de ajuste por utilización para el capital físico previamente obtenido. Se aprecia que, en los últimos treinta años, Bolivia (323,1%) es el país de la región que más ha incrementado su nivel de consumo energético; mientras que Colombia es el país con menor evolución en dicho indicador

(93,1%). Por su parte, el panel (b) presenta la evolución del capital físico ajustado por utilización tras aplicar el capital físico sin ajustar y el consumo energético en las Ecuaciones 5 y 6⁸. En las últimas tres décadas, sin considerar el caso de Ecuador (144,9%), los países de la región han más que triplicado (240%) su capital físico acumulado.

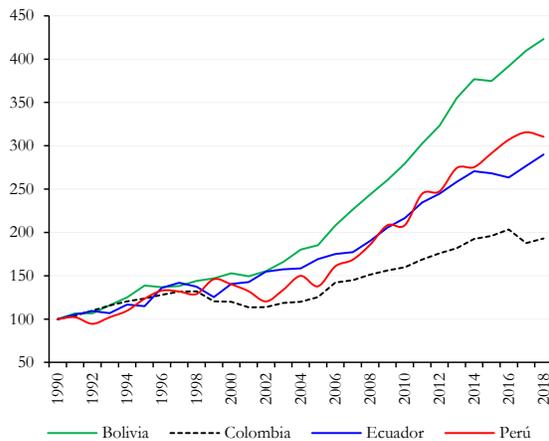
Gráfico 3. Crecimiento económico
(porcentaje)



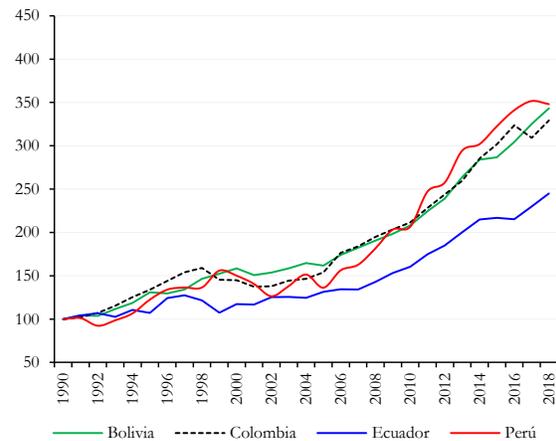
Fuente: elaboración propia con base en datos del Fondo Monetario Internacional.

Gráfico 4. Capital físico en la Región Andina

(a) Consumo de energía secundaria no residencial (1990=100)



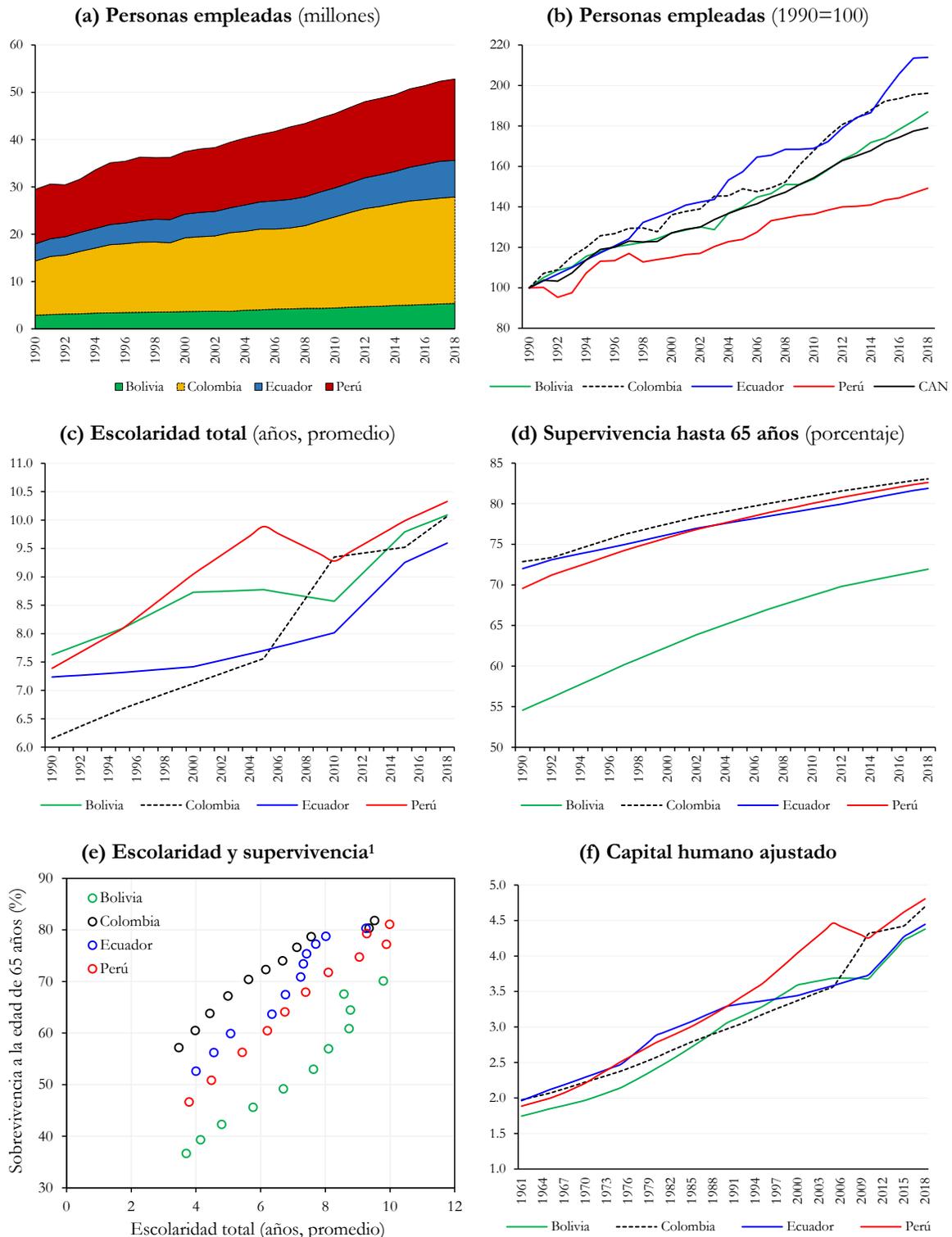
(b) Capital físico ajustado por utilización (1990=100)



Fuente: elaboración propia con base en datos del Fondo Monetario Internacional y de autoridades estatales de cada país.

⁸ Los componentes cíclico y tendencial del consumo de energía secundaria no residencial fueron obtenidos a través del filtro Hodrick-Prescott. El presente estudio no aborda una exploración sobre el método idóneo de descomposición de series.

Gráfico 5. Capital humano en la Región Andina



Fuente: Conference Board; Barro y Lee (2010) (base de datos actualizada); Banco Mundial; y cálculos propios.
 Nota: ¹/ los datos de supervivencia hasta los 65 años corresponden a promedios quinquenales.

Por otra parte, el Gráfico 5 presenta el comportamiento de las series vinculadas al capital humano. Por un lado, los paneles (a) y (b) muestran la evolución de la cantidad de personas empleadas en cada país andino. Se observa que, en los últimos veinte años, la cantidad de empleados en la región creció en 79,1%. Sin embargo, dicho crecimiento ha sido desigual entre países, toda vez que Perú (49,2%) no ha podido incrementar el tamaño de su fuerza laboral en la misma proporción que sus pares de la región (Ecuador: 113,9%; Colombia: 96,1%; y Bolivia: 86,9%). De otro lado, los paneles (c), (d) y (e) muestran la evolución de los factores de ajuste de calidad del capital humano, los cuales guardan una correlación positiva. Se aprecia que, a 2018, los países andinos alcanzaron una escolaridad total promedio de entre 9.5 y 10.5 años. También se visualiza que Bolivia presenta una tasa de supervivencia hasta los 65 años considerablemente menor (10 puntos porcentuales menos) que sus pares de la región. La conjugación de los tres componentes (fuerza laboral, escolaridad total y supervivencia hasta los 65 años) en las Ecuaciones 7 y 8 permite obtener la medición del capital humano ajustado por calidad. Los resultados se encuentran en el panel (f) del Gráfico 5. Se observa que, a 2018, el país andino con mayor capital humano ajustado es Perú seguido de Colombia; mientras que Ecuador y Bolivia son los países andinos con menor capital humano ajustado.

5. Resultados

5.1 PTF en la Región Andina entre 1991 y 2018

Los resultados de las estimaciones de la productividad para la Región Andina se muestran en el Cuadro 2 y en el Gráfico 6.

Cuadro 2. Estimaciones de la PTF para la Región Andina
(variación % promedio anual)

Período	A	A'	A''	A^*
1991-2000	0.08	-1.08	-0.03	-1.38
2001-2010	2.83	1.57	3.02	1.48
2011-2018	0.91	-0.91	0.82	-0.60
1991-2018	1.30	-0.09	1.30	-0.14
2001-2003	1.83	2.07	3.07	1.78
2004-2014	2.86	2.10	2.40	0.87
2004-2014 (sin 2008-2009)	3.53	1.40	3.14	1.66
2015-2018	-0.33	-1.40	0.31	-1.24

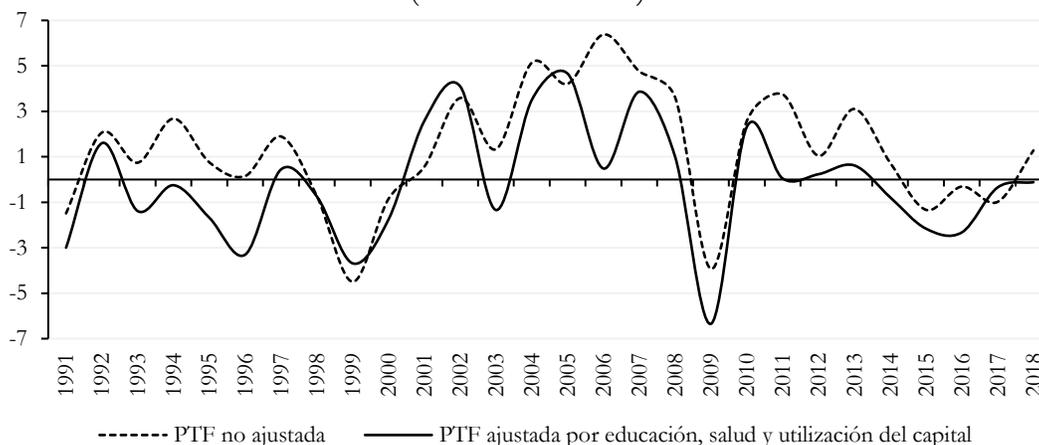
Fuente: elaboración propia. Los datos agregados están promediados con base en el PIB ponderado por paridad de poder de compra.

Nota: A es la PTF simple o sin algún tipo de ajuste, A' es la PTF ajustada por educación y salud, A'' es la PTF ajustada por utilización del capital físico, y A^* es la PTF ajustada por educación, salud y utilización del capital físico.

Un hallazgo relevante consiste en que las estimaciones de la PTF sin ajustes a los factores de producción (A) suelen ser más optimistas que las versiones que consideran algún tipo de ajuste; especialmente con respecto a nuestra propuesta metodológica (A^*), que considera todos los ajustes estudiados. Ello responde a que, como señalamos antes, la estimación de la PTF no

ajustada está reportando indebidamente las dinámicas en los ajustes al capital físico y humano como si se trataran de dinámicas en la productividad. En detalle, en 23 de los 28 períodos analizados, las estimaciones de la PTF sin ajustes superan las estimaciones de la PTF con ajuste completo. Esto se encuentra alineado con las advertencias de la literatura consultada, lo que verifica la importancia de establecer ajustes por calidad y utilización durante el cálculo de la productividad.

Gráfico 6. Estimaciones de la PTF para la Región Andina
(variación % anual)

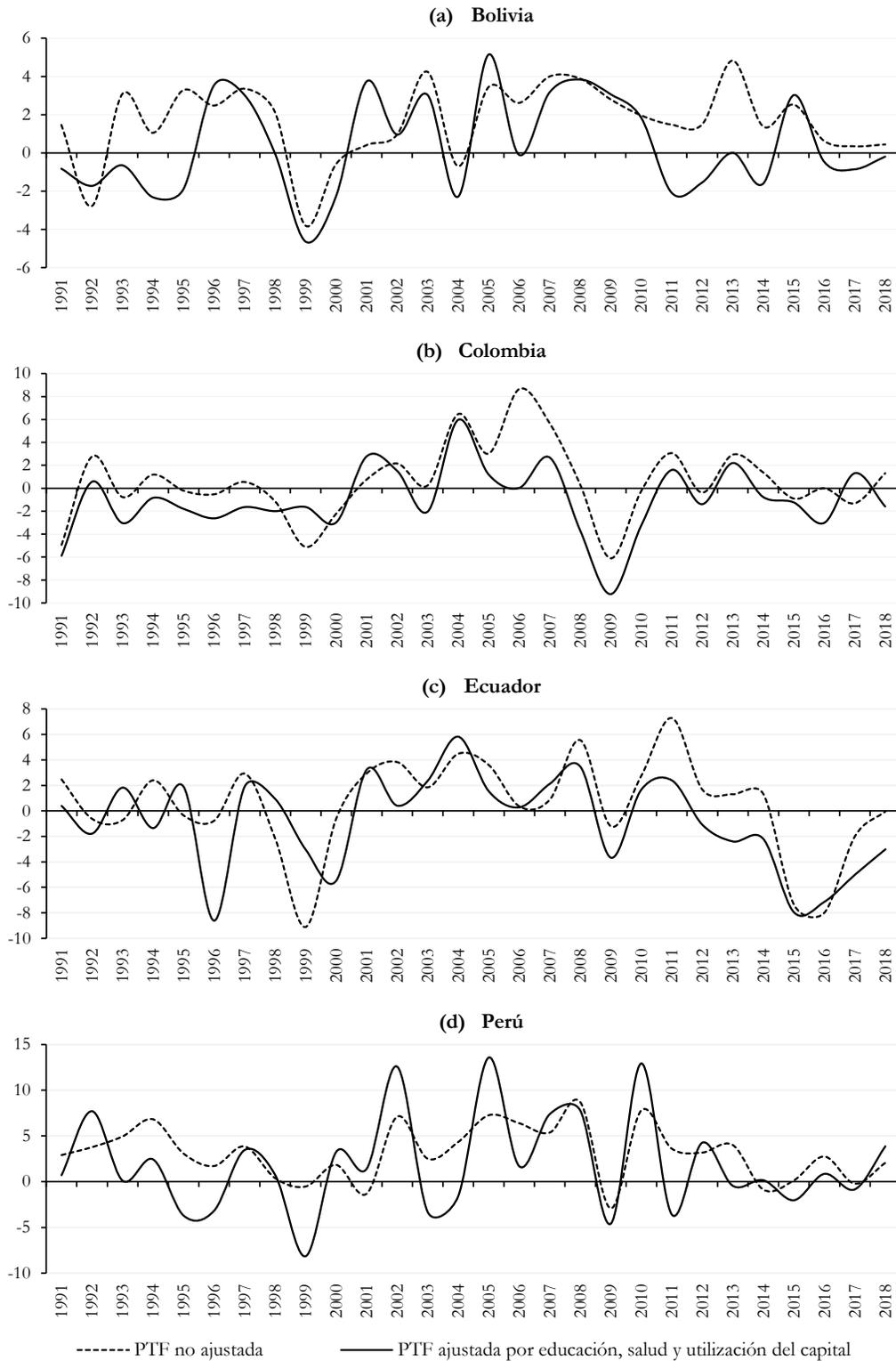


Fuente: elaboración propia. Los datos agregados están promediados en base al PIB ponderado por paridad de poder de compra.

Tomando en cuenta la PTF con ajuste completo, observamos que esta se contrajo a una tasa promedio anual de 0,14% entre 1991 y 2018. Sin embargo, dicha dinámica muestra asimetrías entre distintos cortes temporales. Por un lado, la década de 1990 se caracteriza por caídas persistentes de la productividad de la región. En cambio, los mejores desempeños en términos de productividad se observan en la primera década del 2000. En particular, resulta interesante que las tasas de crecimiento más altas de la PTF coinciden con el súper ciclo de los precios de las materias primas de exportación (0,87% entre 2004 y 2014, y 1,66% en el mismo período sin considerar la crisis financiera de 2008-2009). No obstante, ese mayor ritmo durante el período de bonanza no se reflejó en mejores fundamentos para sostener el crecimiento en años posteriores, razón por la cual se percibe un agotamiento de la PTF como fuente de crecimiento económico (la caída promedio anual entre 2015 y 2018 fue de 1,24%).

El Gráfico 7 presenta la dinámica de la PTF para cada país andino. En términos generales, se observa que la PTF no ajustada tiende a ser más optimista que la PTF ajustada. También se aprecia que, con excepción de Bolivia, los países de la Región Andina vieron ampliamente mermada su productividad durante la crisis financiera de 2008-2009. Asimismo, la evolución de la PTF en cada país ha sido más favorable entre 2004 y 2014, en coincidencia con el período de súper ciclo de precios de materias primas de exportación.

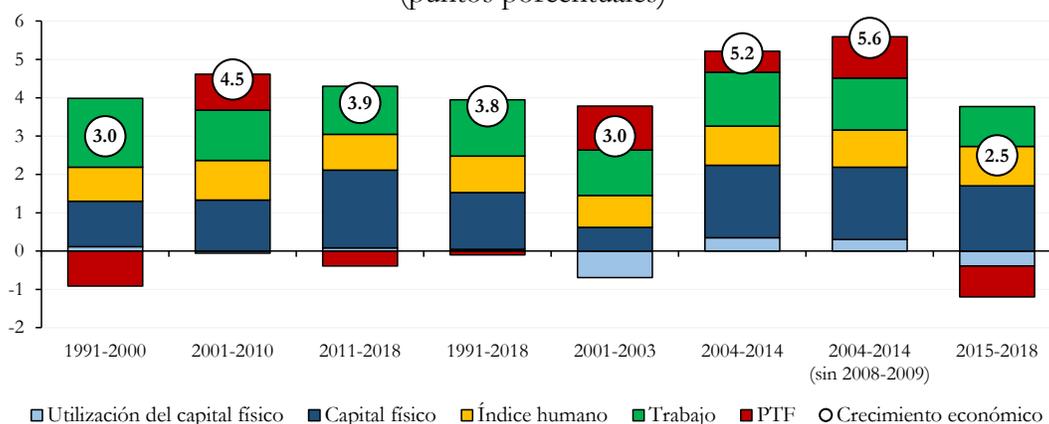
Gráfico 7. Estimaciones de la PTF por país andino
(variación % anual)



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, el Gráfico 8 nos ilustra la descomposición del crecimiento económico por factores productivos ajustados por educación, salud y utilización del capital. Así, en la década de 1990, la PTF había contribuido, en promedio, negativamente (-0.9 p.p.) al crecimiento económico de la región desaprovechando las ganancias por acumulación del resto de factores de producción, especialmente los ligados a la fuerza laboral (índice humano: 0.9 p.p.; trabajo: 1.8 p.p.). Ello cambió radicalmente a partir del año 2000, especialmente en el período que coincide con la bonanza de los precios internacionales de las principales materias primas de exportación (2004-2014: 0.5 p.p.; 2004-2014 sin crisis 2008-2009: 1.1 p.p.). En coherencia con lo comentado líneas arriba, tras la culminación del auge de precios de materias primas, la contribución promedio de la PTF al crecimiento de la región se tornó nuevamente negativa (2015-2018: -0.8 p.p.). De esa forma, en todo el horizonte de análisis, la PTF tuvo una contribución promedio de -0.1 p.p.

Gráfico 8. Descomposición del crecimiento de la Región Andina
(puntos porcentuales)

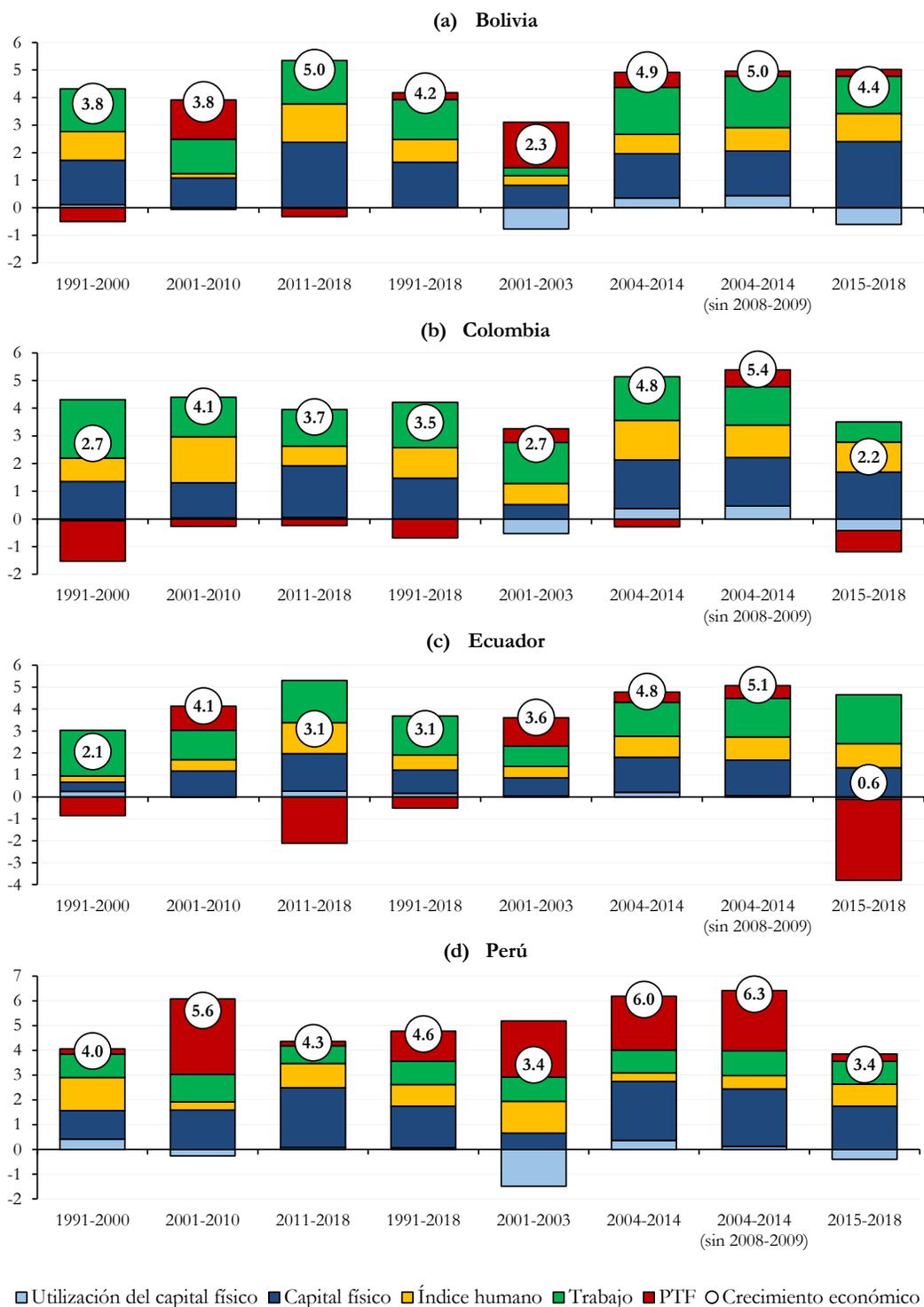


Fuente: elaboración propia. Los datos agregados están promediados con base en el PIB ponderado por paridad de poder de compra.

Con respecto a los demás factores de producción, por un lado, se aprecia una contribución relativamente constante de la acumulación de la fuerza laboral (trabajo) al crecimiento económico. Entre 1991 y 2000, el trabajo aportó, en promedio anual, 1.8 p.p., aunque se redujo a 1.3 p.p. entre 2000 y 2018. Por su parte, la calidad de la fuerza laboral mantuvo una contribución estable en el horizonte de análisis de 1 p.p. De otro lado, la acumulación del capital físico también tuvo un rol importante en el crecimiento económico, especialmente entre 2004 y 2014 (contribución promedio anual de 1.9 p.p.). Sin embargo, ello no se ha visto totalmente aprovechado, debido a que la utilización del capital físico ha tenido un aporte marginal sobre el crecimiento (0.05 p.p. como promedio anual entre 1991 y 2018).

El Gráfico 9 muestra la descomposición del crecimiento para cada país andino. En él se evidencia una considerable dispersión entre países en cuanto a la contribución de los factores productivos sobre su crecimiento.

Gráfico 9. Descomposición del crecimiento por país andino
(puntos porcentuales)



Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, los cuatro países analizados coinciden en tener la acumulación de capital físico como un elemento decisivo para su crecimiento en todos los cortes temporales. Luego, Perú, a diferencia sus pares de la región, evidencia una baja contribución del trabajo, lo que se explica por tener el menor ritmo de crecimiento de personas empleadas (Gráfico 5, panel b). Por otra parte, con excepción de Perú, los países de la Región Andina muestran una mayor contribución del índice humano (que refleja la calidad de la fuerza laboral) entre 2004 y 2014 con respecto a inicios de los años 2000 (2001-2003). Con relación a la contribución de la PTF al crecimiento, se observa que este factor es particularmente crucial para Perú a partir del año 2000.

Desde un enfoque temporal, resulta interesante que, durante el *boom* de precios de las materias primas (2004-2014), el crecimiento de Perú se haya explicado principalmente por un incremento de la productividad; mientras que el crecimiento del resto de países se ha explicado, principalmente, por factores vinculados a su fuerza laboral (trabajo e índice humano). En los años posteriores al *boom* (2015-2018), es posible notar un agotamiento de las fuentes de crecimiento, con particular énfasis en la productividad y, especialmente, en Colombia, Ecuador y Perú.

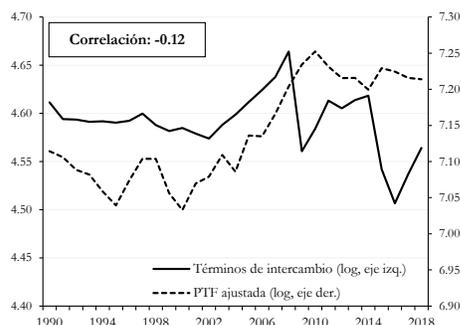
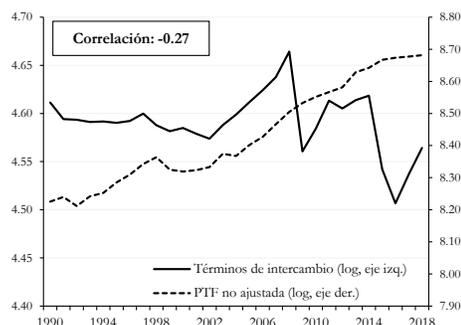
5.2 PTF y términos de intercambio

Como se ha visto, el crecimiento y los factores productivos muestran un comportamiento diferenciado cuando acotamos el horizonte temporal al *boom* de los principales precios de materias primas de exportación. Esto despierta el interés por conocer el rol o vínculo que tienen los términos de intercambio sobre los factores productivos, especialmente sobre la PTF. En esta sección, intentaremos esbozar algunas ideas con respecto a ello, aunque de una manera muy superficial. En particular, presentamos visualizaciones de cómo se comportaron la PTF (ajustada y no ajustada) y los términos de intercambio en los últimos treinta años. Una revisión más profunda y técnica, que apunte a establecer relaciones de causalidad entre los términos de intercambio y la productividad en la Región Andina escapa al alcance del presente estudio, y es planteado a manera de agenda pendiente.

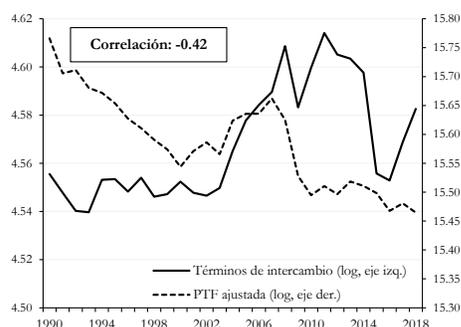
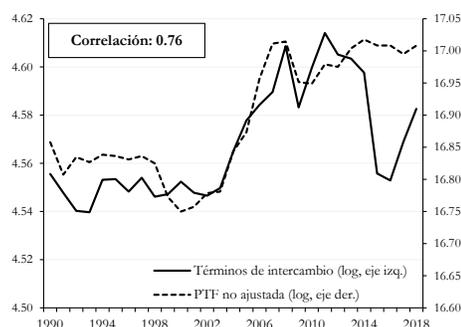
La literatura sobre los vínculos entre los términos de intercambio y el nivel de productividad de un país no es extensa, especialmente para los países andinos. Castillo y Rojas (2014) estudiaron la relación entre los términos de intercambio y la PTF en Chile, Perú y México. De acuerdo con los autores, los choques de términos de intercambio son fuente importante de ganancias de productividad para el corto y largo plazo. Además, es importante considerar que términos de intercambio favorables pueden inducir efectos secundarios positivos desde los sectores transables hacia los sectores no transables (Llosa, 2013), así como reasignaciones de recursos en favor de bienes y sectores más productivos (Kehoe y Ruhl, 2007). Para el caso peruano en específico, Castillo y Rojas (2016) señalan que, entre 2001 y 2007, los choques de términos de intercambio aportaron fuertemente en el crecimiento de la PTF; pero que, desde entonces, dicha contribución ha ido reduciéndose, lo que da señales de una mayor relevancia de los factores internos sobre la PTF para períodos recientes.

Gráfico 10. PTF y términos de intercambio^{1,2}

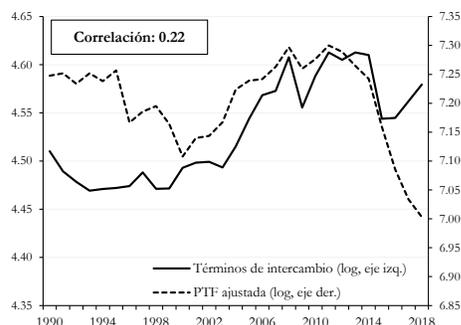
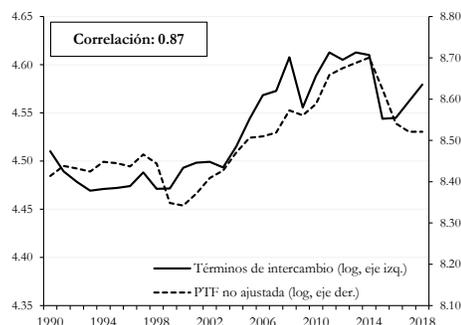
(a) Bolivia



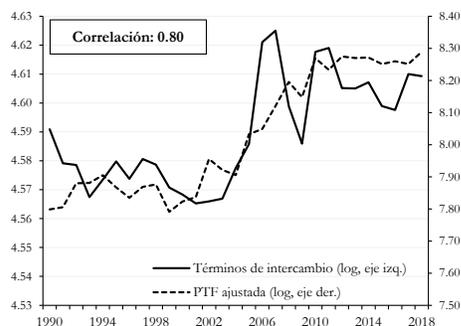
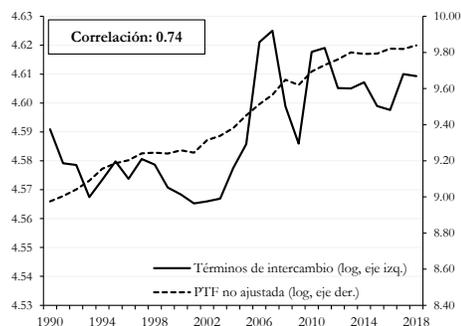
(b) Colombia



(c) Ecuador



(d) Perú



Fuente: Fondo Monetario Internacional y estimaciones propias.

Notas: ^{1/} El caso de la PTF ajustada se refiere al ajuste por educación, salud y utilización del capital físico. ^{2/} Los cálculos de la correlación corresponden al período comprendido entre 1990 y 2018.

El Gráfico 10 muestra los términos de intercambio y la PTF, ambos en logaritmos naturales. Para cada país, el gráfico de la izquierda corresponde a la PTF no ajustada, mientras que el gráfico de la derecha corresponde a la PTF ajustada por educación, salud y utilización de capital físico. Asimismo, cada gráfico muestra el coeficiente de correlación entre ambos indicadores para el período 1990-2018.

A partir de los paneles comprendidos en el Gráfico 10, no es posible establecer una regla general para la región sobre el vínculo entre los términos de intercambio y la PTF. Por un lado, Bolivia muestra una correlación negativa y relativamente cercana a cero. En cambio, Colombia y Ecuador presentan correlaciones relativamente altas, pero solo para el caso de la PTF no ajustada; mientras que esa relación se quiebra cuando se trata de la PTF ajustada. Finalmente, Perú muestra coeficientes de correlaciones relativamente altas tanto para la PTF ajustada como para la no ajustada. En consecuencia, el estudio de las implicancias de los términos de intercambio sobre la PTF en los países andinos probablemente requiera un enfoque más individual por país y no de manera agregada por región. Asimismo, las diferencias en cómo se vinculan los términos de intercambio con la PTF en cada país podrían responder a políticas y/o instituciones internas que influyen sobre la dependencia de la productividad a factores externos.

5.3 Déficit de innovación en la Región Andina

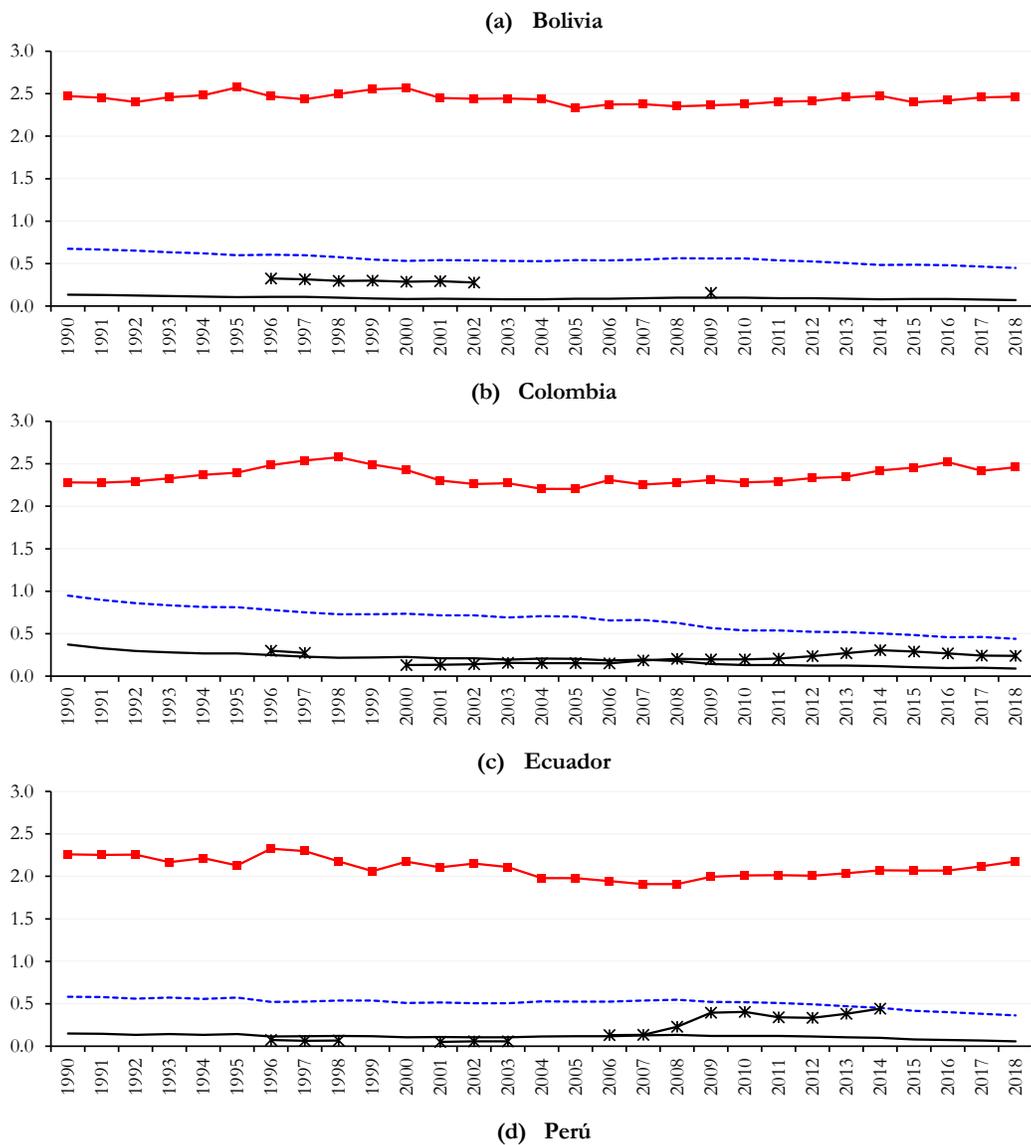
El último tópico que abordamos en el presente estudio consiste en averiguar si el menor nivel de productividad de los países de la Región Andina, en comparación con el nivel de productividad de países desarrollados, es resultado de déficits de innovación o de problemas de acumulación. Para esto, comprenderemos a los déficits de innovación y a los problemas de acumulación de la forma en que fueron descritos en el marco metodológico.

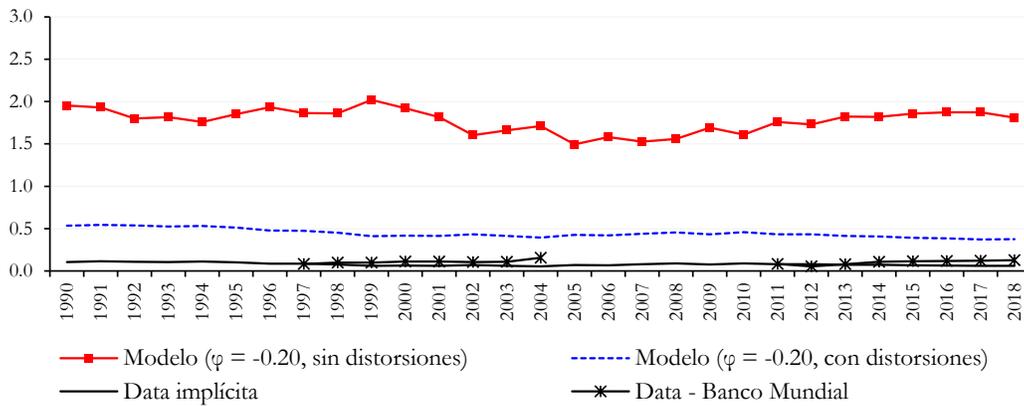
El Gráfico 11 muestra cuatro versiones del gasto en I+D como porcentaje del PIB de los países de la Región Andina. De un lado, la línea negra con marcas (asteriscos) es la información proveniente de los registros del Banco Mundial. Por su parte, la línea negra sin marcas son los datos observados que se obtuvieron implícitamente a través del modelo. Como se aprecia, en la mayoría de los casos, los datos observados implícitos del modelo y los datos reportados por el Banco Mundial son relativamente similares. De otro lado, se tienen las estimaciones del modelo para el gasto en I+D como porcentaje del PIB. La línea roja con marcas (cuadrados) representa las estimaciones del gasto en I+D asumiendo un entorno de políticas/instituciones favorables para la innovación ($\phi=-0.20$) y que no hay distorsiones. En cambio, la línea azul punteada representa las estimaciones del gasto en I+D asumiendo un entorno de políticas/instituciones favorables para la innovación ($\phi=-0.20$) y que sí hay distorsiones.

Por lo tanto, si nos basamos solamente en las estimaciones del modelo sin distorsiones, entonces se concluye que todos los países andinos sufren de déficit de innovación. Esto sucede porque si los países andinos ofrecieran un subsidio neto del 20% para la adopción de innovación, entonces la inversión en I+D debería estar entre 1,5% y 2,5% del PIB. No obstante, ello no ocurre. Los

datos (ya sean los obtenidos implícitamente del modelo o los obtenidos del Banco Mundial) nunca logran alcanzar al menos el 0,5% del PIB.

Gráfico 11. Gasto en I+D en la Región Andina
(porcentaje del PIB)





Fuente: estimaciones propias con base en datos del Banco Mundial.

Ahora bien, resulta poco creíble que no existan distorsiones en los países andinos que pudieran limitar la adopción de innovación, tales como restricciones al libre comercio o regulaciones que incentivan un nivel subóptimo de innovación. Por ello, en el Gráfico 11 contamos con estimaciones para el modelo con distorsiones. En principio, si los países andinos ofrecieran un subsidio neto del 20% para la adopción de innovación y si se consideraran las distorsiones, la inversión en I+D debería encontrarse relativamente por debajo del 0,5% del PIB. Sin embargo, en este caso, las conclusiones dependen de lo que se tome como dato observado. Si se tomara el dato observado obtenido implícitamente del modelo, entonces se concluiría que todos los países andinos experimentan déficits de innovación. En cambio, si se tomara el dato reportado por el Banco Mundial, se podrían establecer dos grupos. El primero de ellos estaría conformado por Bolivia y Perú, cuyos datos observados se encuentran todavía muy por debajo de los datos estimados, por lo que dichos países sí presentan déficits de innovación. El segundo grupo estaría conformado por Colombia y Ecuador, cuyos datos observados se encuentran relativamente cerca a los datos estimados, por lo que podrían no estar experimentando déficits de innovación y tendrían que centrarse en atender sus problemas de acumulación.

Finalmente, el Gráfico 12 muestra el valor del costo de adopción de innovación (ϕ) necesario para que las estimaciones del modelo coincidan con los datos observados obtenidos implícitamente de él. De dicho gráfico, es posible alcanzar varios resultados interesantes.

En primer lugar, salta a la vista que el costo para innovar en los países andinos es considerablemente alto. En el modelo sin distorsiones, dicho costo se encuentra entre 700% y 1,100%; mientras que en el modelo con distorsiones, el costo para innovar se encuentra entre 250% y 450%. Este resultado podría explicar los bajos niveles de innovación en la Región Andina.

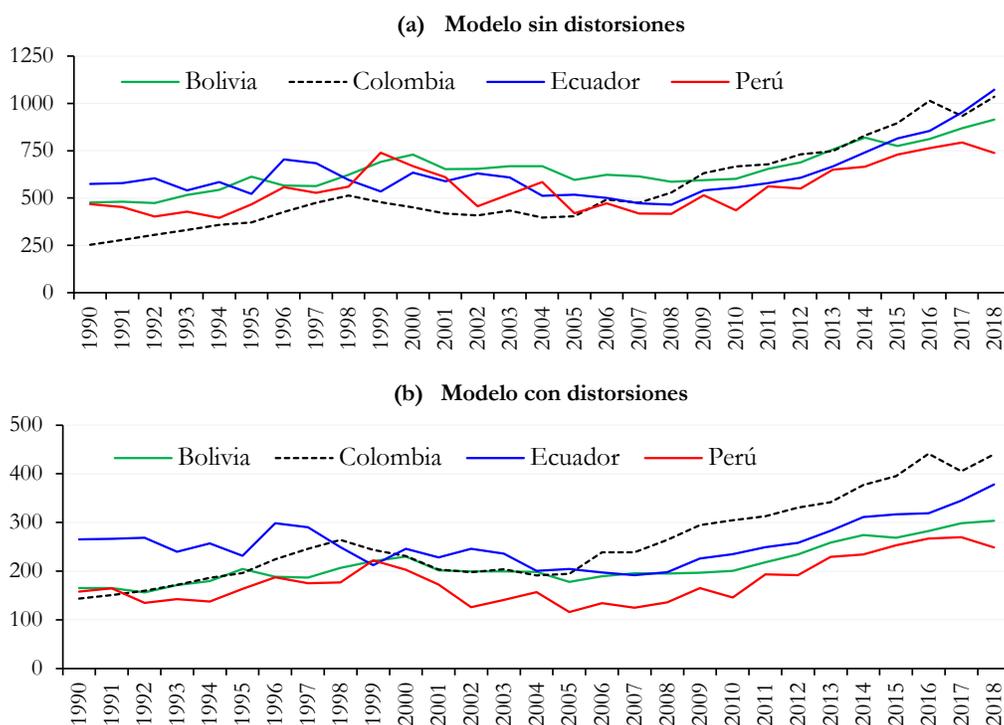
En segundo lugar, es posible notar tres momentos. Primero, en la década de 1990, el costo de adoptar medidas de innovación mostró una tendencia creciente. Luego, entre 2000 y 2008, dicho costo se mantuvo relativamente estable. No obstante, desde 2008 hasta la fecha, el costo ha retomado y mantenido una tendencia positiva.

En tercer lugar, es posible notar que las dinámicas del costo de innovación en el modelo sin distorsiones son muy similares a las propias del modelo con distorsiones. Esto implica que el factor de distorsiones (z) se ha mantenido estable en los últimos treinta años, dando señales de

que se trataría de aspectos que afectan las condiciones estructurales y de largo plazo de la economía. De acuerdo con las estimaciones realizadas, se encontró que las distorsiones ocasionan que el tamaño observado de la productividad laboral de los países andinos sea solamente entre 20% y 30% de lo que sería sin dichas distorsiones. Una exploración más detallada sobre qué distorsiones específicas experimentan los países de la región y cómo afectan la productividad escapa el alcance de este estudio.

En cuarto y último lugar, si bien es cierto que todos los países ofrecen entornos políticos, regulatorios e institucionales poco favorables para la innovación, es posible establecer jerarquías entre países. De esa forma, del Gráfico 12 se puede notar que los menores costos para la adopción de innovación se encuentran en Perú seguido de Bolivia; mientras que los mayores costos se encuentran en Ecuador y Colombia.

Gráfico 12. Costo de adopción de innovación en la Región Andina
(porcentaje)



Fuente: estimaciones propias con base en datos del Banco Mundial.

6. Conclusiones

Este documento ofrece un análisis detallado sobre la productividad en la Región Andina. Para ello, en primer lugar, se presenta una discusión y análisis metodológicos sobre la contabilidad del crecimiento para los países andinos en los últimos treinta años. En segundo lugar, sobre la base de que la productividad de los países andinos es menor a la de países con mayor grado de desarrollo relativo, se explora si esa diferencia es resultado de diferencias en el nivel de inversión

en I+D, lo que implicaría un déficit de innovación, o si se trata solamente de problemas de acumulación.

Para el análisis de la contabilidad del crecimiento, la metodología aplicada corresponde al método de Solow (1957) o enfoque primal. Asimismo, se generaron distintas medidas de productividad con y sin ajustes por la calidad y/o el uso de los factores productivos. Con relación a dichos ajustes, el capital humano fue ajustado por la educación (años promedio de escolaridad) y la salud (tasa de sobrevivencia a la edad de 65 años). Por su parte, el capital físico, que fue construido por el método de inventario perpetuo, fue ajustado por su utilización, el cual implicó una corrección por el cociente entre el componente cíclico y el componente tendencial de la serie de consumo de energía.

Por su parte, para verificar la existencia de déficits de innovación, empleamos el modelo desarrollado por Klenow y Rodríguez-Clare (2005). Además, como dicho modelo no considera la presencia de distorsiones en la economía que pudieran limitar la adopción de innovación, también usamos una variación a dicho modelo propuesto por Maloney y Rodríguez-Clare (2005).

Del ejercicio de contabilidad de crecimiento, se obtuvieron varios resultados. Por un lado, que la ausencia de ajustes por calidad o uso de los factores de producción genera estimaciones más optimistas de la PTF que cuando tales ajustes son incorporados. Ello se debe a que una estimación sin ajustes incorporaría las dinámicas de los ajustes de los factores productivos como dinámicas en la productividad, lo cual representa sesgos en los resultados. También se encuentra que la contribución de los factores de producción y la PTF sobre el crecimiento ha sido heterogénea entre países. Finalmente, el vínculo entre la productividad y los términos de intercambio no es similar para los países de la región. Por ello, una exploración más profunda sobre dicho vínculo requeriría un análisis individual y no agregado.

Por último, se verificó que todos los países sufren de déficits de innovación. Por ello, se recomienda que adopten una postura más proactiva hacia políticas que favorezcan un mayor nivel de inversión en I+D. La necesidad de impulsar ese tipo de medidas es mayor en Bolivia y Perú porque, si bien son los países que tienen los menores costos de adopción de innovación, su nivel de gasto en I+D se encuentra más lejos de su nivel esperado asumiendo un entorno favorable a la innovación. Adicionalmente, se encontró que las distorsiones que limitan la adopción de innovación provocan que la productividad laboral observada en la Región Andina sea solamente entre 20% y 30% de la que podría ser en ausencia de dichas distorsiones.

Con los resultados generados en este estudio, advertimos la disminución de la contribución de la PTF al crecimiento económico siendo, incluso, negativa en años recientes. Asimismo, evidenciamos que acciones que generen un entorno de políticas, regulaciones e instituciones más favorables para la innovación podrían tener amplias ganancias en términos de productividad. Por consiguiente, recalamos la necesidad de que las políticas públicas no se centren únicamente en la acumulación del capital físico y humano, sino que también apunten específicamente a elevar la productividad agregada del país. Y también sugerimos que dichas políticas tengan un enfoque favorecedor a la innovación con el fin de profundizar la I+D en los países de la región. De esa manera, se contribuiría a cerrar las brechas de desarrollo relativo que actualmente mantiene la

Región Andina con otras economías, brechas sobre las cuales no se han evidenciado avances significativos en las últimas décadas.

7. Bibliografía

Barro, R. y Lee, J.-W. (2013). A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950-2010. *Journal of Development Economics* 104, 184-198.

Caselli, F. (2014). The Latin American Efficiency Gap. Discussion Paper No. 1289. Centre for Economic Performance.

Castillo, P. y Rojas, Y. (2014). Terms of Trade and Total Factor Productivity: Empirical evidence from Latin American emerging markets. Serie de Documentos de Trabajo DT. N° 2014-012. Banco Central de Reserva del Perú.

Castillo, P. y Rojas, Y. (2016). Términos de intercambio y productividad total de factores en el Perú. *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias* (145-171). Universidad del Pacífico.

Céspedes, N. y Ramírez-Roldán, N. (2016). Estimación de la productividad total de los factores en el Perú: enfoques primal y dual. *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias* (43-68). Universidad del Pacífico.

Céspedes, N., Lavado, P. y Ramírez-Roldán, N. (2016). La productividad en el Perú: un panorama general. *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias* (9-40). Universidad del Pacífico.

Céspedes, N., Lavado, P. y Ramírez-Roldán, N. (Eds.) (2016). *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias*. Universidad del Pacífico.

Costello, D. (1993). A Cross-Country, Cross-Industry Comparison of Productivity Growth. *Journal of Political Economy* 101(2), 207-222.

Daude, C. y Fernández-Arias, E. (2010). On the Role of Productivity and Factor Accumulation in Economic Development in Latin America and the Caribbean. Documento de Trabajo IDB-WP-155. Banco Interamericano de Desarrollo.

Fuentes, R., Larraín, M. y Schmidt-Hebbel, K. (2004). Fuentes del crecimiento y comportamiento de la productividad total de factores en Chile. Documentos de Trabajo 287. Banco Central de Chile.

- Foster, L., Haltiwanger, J. C. y Krizan, C. J. (2001). Aggregate productivity growth: lessons from microeconomic evidence. *New Developments in Productivity Analysis* (303-372). University of Chicago Press.
- Gollin, D. (2002). Getting Income Shares Right. *Journal of Political Economy*, 110, 458-474.
- Harberger, A. (1978). Perspectives on Capital and Technology in Less Developed Countries. *Contemporary Economic Analysis* (15-40). Croom Helm.
- Hsieh, C. (2002). What Explains the Industrial Revolution in East Asia? Evidence from Factor Markets. *American Economic Review* 92(3), 502-526.
- Hsieh, C. y Klenow, P. (2009). Missallocation and Manufacturing TFP in China and India. *The Quarterly Journal of Economics*, 124(4), 1403-1448.
- Kehoe, T. J. y Ruhl, K. J. (2007). Are shocks to the terms of trade shocks to productivity? Working Paper 13111. National Bureau of Economic Research.
- Klenow, P. y Rodríguez-Clare, A. (2005). Externalities and Growth. NBER Working Paper 11009. National Bureau of Economic Research.
- Krugman, P. (1994). *The Age of Diminished Expectations*. MIT Press.
- Llosa, G. (2013). How do Terms of Trade Affect Productivity? The Role of Monopolistic Output Markets. Working Paper 2013-007. Banco Central de Reserva del Perú.
- Magendzo, I. y Villena, M. (2012). Evolución de la Productividad Total de Factores en Chile. Informe Técnico de la Universidad Adolfo Ibáñez.
- Maloney, W. y Rodríguez-Clare (2005). Innovation Shortfalls. Working Paper 543. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Nehru, V. y Dareshwar, A. (1993). A New Database on Physical Capital Stock: Sources, Methodology and Results. *Revista de Análisis Económico* 8(1), 37-59.
- OCDE (2001). *Measuring Productivity*. OECD Manual.
- Ruiz-Arranz, M. y Deza, M. C. (Eds.) (2018). Creciendo con productividad: una agenda para la Región Andina. Monografía del BID, 628. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics* 39(3), 312-320.
- Syverson, C. (2011). What determines productivity? *Journal of Economic Literature*, 49(2), 326-365.