

# Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital

La situación de América Latina  
y el Caribe



NACIONES UNIDAS



Segunda Reunión  
de la Conferencia  
de Ciencia, Innovación  
y TIC de la CEPAL

# Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital

La situación de América Latina  
y el Caribe



NACIONES UNIDAS



Segunda Reunión  
de la Conferencia  
de Ciencia, Innovación  
y TIC de la CEPAL

**Alicia Bárcena**  
Secretaria Ejecutiva

**Antonio Prado**  
Secretario Ejecutivo Adjunto

**Mario Cimoli**  
Director de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial

**Ricardo Pérez**  
Director de la División de Publicaciones y Servicios Web

El presente documento ha sido preparado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) para la Segunda Reunión de la Conferencia de Ciencia, Innovación y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la CEPAL, que se celebrará en San José del 12 al 13 de septiembre de 2016.

El documento fue elaborado por el equipo de la Unidad de Innovación y Nuevas Tecnologías de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL. La coordinación estuvo a cargo de Mario Castillo y Sebastián Rovira. La redacción fue realizada por Wilson Peres, Sebastián Rovira, Gabriel Porcile, Adrián Rodríguez, Francine Brossard, Mónica Rodríguez, Alejandro Patiño y Patricio Valderrama.

Se agradece el apoyo del proyecto "Innovaciones para un cambio estructural sostenible" del Programa Cambio Estructural para un Desarrollo Sostenible e Inclusivo en América Latina y el Caribe de la CEPAL y la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ).

# Índice

<b>Prólogo</b>	<b>5</b>
<b>I. Un modelo de crecimiento agotado: sesgo recesivo, desigualdad y crisis ambiental</b>	<b>7</b>
A. El mundo busca un estilo de desarrollo sostenible	9
B. Se profundiza el sesgo recesivo de la economía mundial	10
C. Aumenta la desigualdad en las principales economías del mundo	11
D. El actual modelo de desarrollo implica riesgos crecientes para el medio ambiente	12
E. Un nuevo estilo de desarrollo requiere nuevos bienes públicos globales	13
F. La estrategia para el desarrollo de América Latina y el Caribe requiere un gran impulso ambiental basado en la difusión de la tecnología	14
G. Se debe avanzar hacia estructuras productivas más complejas basadas en la innovación	15
H. Las estructuras complejas se vinculan con una mayor inversión en investigación y desarrollo (I+D) y patentamiento	16
I. La escasa complejidad de las estructuras se vincula con la poca diversificación de las exportaciones	17
J. Hay una relación positiva y significativa entre el ingreso por habitante y la inversión en innovación	18
<b>II. Innovación y generación de conocimiento: tendencias mundiales y retos regionales</b>	<b>19</b>
A. La inversión en investigación y desarrollo (I+D) de la región es ínfima	21
B. No se ha avanzado lo suficiente desde 2004	22
C. La región realiza el 2,8% del gasto mundial en I+D, un tercio de su peso en la población mundial	23
D. La I+D es financiada por el gobierno y ejecutada por el sector educacional	24
E. La I+D de América Latina se concentra en la investigación, mientras que en los países avanzados predomina el desarrollo experimental	25
F. La región recibió solo el 4% de la inversión extranjera directa en I+D	26
<b>III. Propiedad intelectual y patentamiento</b>	<b>27</b>
A. Crece la utilización de la propiedad intelectual en el mundo y se concentra en tres países	29
B. El nivel de patentamiento de la región sigue siendo muy bajo	30
C. La región se rezaga con respecto a los países asiáticos	31
D. La eficacia de la inversión en I+D para generar patentes	32
E. La dinámica del patentamiento de la región es lenta	33
F. El Brasil es el país latinoamericano que más patenta y el Uruguay tiene el mejor desempeño per cápita	34
G. Las tecnologías más patentadas en la región son la farmacéutica y las de la información y las comunicaciones	35
H. En la región, los no residentes solicitan más patentes que los residentes; en las economías avanzadas, sucede lo contrario	36
I. La participación de la región en el mercado de conocimiento es marginal y se aleja del mundo desarrollado	37
<b>IV. Recursos humanos y capacidades científicas</b>	<b>39</b>
A. Los sistemas de innovación exitosos se basan en recursos humanos altamente calificados	41
B. Los recursos humanos para la innovación dependen del ingreso por habitante	42
C. La región tiene 520 investigadores por millón de habitantes	43
D. La participación de la región en el total mundial de personal dedicado a la I+D es pequeña	44
E. Muchos países latinoamericanos tienen una elevada deserción escolar	45
F. Los resultados del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) reflejan la baja calidad de la formación escolar	46
G. Pocos países de la región tienen una adecuada tasa de matrícula en educación superior	47
H. Solo el 2% de las mejores universidades del mundo son latinoamericanas	48
I. Solo el 0,7% de los alumnos de educación superior realiza estudios en el exterior	49
J. Una fracción ínfima de jóvenes cursa estudios doctorales	50
K. En la región, hay pocos laboratorios reconocidos internacionalmente	51
L. La producción científica es pequeña y su calidad no compite con la de los países avanzados	52

<b>V. Las nuevas tecnologías y la revolución digital: claves para el desarrollo</b>	<b>53</b>
A. La nueva revolución tecnológica se centra en la convergencia NBIC	55
B. La universalización de la economía digital y la revalorización de la manufactura	56
C. La Internet de las cosas y la revalorización de la manufactura requieren un mayor compromiso con la innovación	57
D. A pesar del avance de China, los Estados Unidos continúan liderando las nuevas tecnologías	58
E. La masificación de la digitalización ha permitido el surgimiento de "unicornios" en la industria digital, que están cambiando el panorama económico y social del mundo	59
F. Las nuevas tecnologías requieren del desarrollo de nuevas capacidades	60
G. La generación de empleo será un elemento de preocupación adicional para la región	61
H. Los países deben enfrentar con urgencia los efectos disruptivos de la economía digital	62
I. El acceso a las tecnologías digitales y el uso de plataformas globales se han incrementado enormemente en América Latina y el Caribe	63
J. El impacto económico de la digitalización en América Latina y el Caribe ha contribuido al 4,3% del PIB en ocho años	64
K. Para mejorar la apropiación de las tecnologías, es necesario avanzar hacia agendas digitales más complejas que incluyan otros desafíos	65
L. Se requiere mejorar las herramientas de política para promover el emprendimiento tecnológico	66
M. Existe un margen significativo para el crecimiento del comercio electrónico en América Latina	67
N. Para avanzar en el desarrollo de la economía digital, es necesario contar con un mercado digital integrado	68
<b>VI. Ciencia, tecnología e innovación en la agricultura</b>	<b>69</b>
A. El aumento de la productividad agrícola promovido por la innovación es fundamental para el cambio estructural y el desarrollo económico	71
B. Los países de la región, sobre todo el Brasil, han registrado un fuerte aumento de su productividad agrícola debido a la incorporación del progreso técnico y la mejora de la eficiencia	72
C. El incremento de la productividad agrícola en la región fue fruto del esfuerzo innovador interno de los países	73
D. La inversión pública en investigación y desarrollo juega un rol fundamental en la difusión de la tecnología agropecuaria hacia los países en desarrollo, complementando la inversión privada	74
E. Las organizaciones regionales son protagonistas del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agrícola	75
F. Existen espacios para que la región aproveche sus vínculos con las empresas mundiales de semillas y agroquímicos y aumente la investigación y el desarrollo agrícolas	77
G. Es crucial aprovechar el potencial de las tecnologías genéricas para impulsar la innovación en la agricultura	78
<b>VII. Ecoinnovación: un espacio para aprovechar las oportunidades de los nuevos modelos globales de consumo y producción sostenible</b>	<b>79</b>
A. Es preciso aumentar la productividad de los materiales en América Latina y el Caribe	81
B. El entorno para promover la innovación ambiental en la región es débil	83
C. Si bien las patentes ambientales han tenido un crecimiento importante, aún son escasas en la región	85
D. Se observa un crecimiento acelerado de las certificaciones ambientales en las empresas de la región	86
E. El marco regulatorio y la política ambiental deben combinarse con las políticas de ciencia, tecnología e innovación para impulsar la innovación ecológica	88
<b>VIII. Reflexiones finales</b>	<b>89</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>93</b>

## Prólogo

Vivimos procesos que están transformando la economía mundial, redefiniendo la posición de los países y alterando el equilibrio de poder entre los bloques económicos, así como entre las economías desarrolladas y las emergentes.

Entre las grandes transformaciones del sistema internacional, destacan la irrupción de China, los megaacuerdos para regular el comercio, la inversión y la propiedad intelectual, los cambios demográficos y la migración, el consenso sobre los costos medioambientales del modelo de crecimiento y la aceleración de la revolución tecnológica. De ahí la necesidad de avanzar hacia un estilo de desarrollo sostenible y con mayor igualdad.

Los nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible plantean a la región retos adicionales, que tienen que ver con alcanzar niveles de consumo y producción compatibles con el medio ambiente. Es por ello que implementar un gran impulso ambiental, que estimule un modelo de inversión favorable a la innovación y el cambio estructural al tiempo que permita el desacople entre el crecimiento y las emisiones, se vislumbra como el elemento fundamental para transitar por nuevos senderos de desarrollo<sup>1</sup>.

En el ámbito económico, los países de América Latina y el Caribe viven un punto de inflexión. Frente a un incierto panorama mundial con un claro sesgo recesivo que se arrastra desde la crisis financiera internacional de 2008, se han desacelerado las tasas de crecimiento de la producción, el comercio internacional y la generación de empleos. Los retos para nuestros países no se encuentran solamente en el plano económico. Si bien se ha progresado en la reducción de la pobreza y la inclusión social, en los últimos tres años los avances se han detenido. En 2014, en América Latina y el Caribe había 167 millones de personas viviendo por debajo de la línea de pobreza (un 28% del total), cifra que mostraba cierto estancamiento con respecto a la dinámica de los años previos. Por su parte, el índice de pobreza extrema alcanzaba el 12%, valor levemente superior al de 2013. El lento crecimiento económico de 2015 y 2016 seguramente ha deteriorado estos indicadores, y las perspectivas para 2017 no son mucho mejores.

La economía internacional atraviesa una profunda crisis cuya salida aún no se prefigura con claridad. Los países latinoamericanos, al igual que otros, han adoptado medidas de expansión fiscal y monetaria para mitigar sus efectos y acelerar la recuperación de las economías. Son medidas urgentes y necesarias. Pero, al mismo tiempo, no deben olvidarse los temas de largo plazo y los problemas del desarrollo que persisten en la región. Es de esperar que la tendencia a la aceleración del cambio técnico y el fuerte impacto de los nuevos paradigmas tecnológicos sobre las economías sean mayores, no menores, en el mundo de poscrisis. La región debe prepararse para responder a este desafío fortaleciendo sus políticas de ciencia, tecnología e innovación.

La capacidad de un país de participar del comercio y el crecimiento mundial depende de su capacidad para innovar en los campos tecnológico, social y organizacional. En este sentido, el aspecto distintivo de la nueva economía del conocimiento es el papel central de la innovación en el juego competitivo y la división internacional del trabajo. Sin embargo, el monto de la innovación no es la única variable que importa. Interesan muy particularmente la dirección y calidad de esa innovación y, sobre todo, sus efectos sobre la sostenibilidad ambiental y la inclusión social. Esto es particularmente importante en una región que se muestra como la más desigual del mundo.

<sup>1</sup> Véase CEPAL, *Horizontes 2030: la igualdad en el centro del desarrollo sostenible* (LC/G.2660/ Rev.1), Santiago, 2016.

La innovación se materializa en la creación de nuevos productos, procesos, sectores y actividades, impulsando así la transformación estructural, la que, a su vez, refuerza los estímulos a la innovación, en un proceso virtuoso de crecimiento en el que se valora cada vez más la generación de valor agregado basado en el conocimiento. Dado que la experiencia histórica demuestra que este proceso no es un automático ni espontáneo, las capacidades internas, las instituciones y las políticas de apoyo a la innovación tienen un papel protagónico.

Las trayectorias tecnológicas son inseparables de las del empleo y la producción y es fundamental pensar en los tipos de innovación que atenderían mejor los tres objetivos de crecimiento económico, inclusión social y sostenibilidad ambiental. La preocupación por la innovación, el progreso técnico y el cambio estructural forma parte de la tradición de la CEPAL. Son temas que la han acompañado desde su fundación; pero la forma en que se conciben ha evolucionado a lo largo del tiempo. En los años cincuenta, se identificaba el progreso técnico con la industrialización, y se esperaba que esta condujera a tasas más altas de crecimiento de la productividad y a una menor vulnerabilidad externa. Desde principios de los años sesenta, la CEPAL se preocupó crecientemente por la mejora en la distribución del ingreso, en el entendido de que la difusión del progreso técnico permitiría generar empleos de calidad y reducir la heterogeneidad estructural. Actualmente, nuestra visión agrega a esta concepción una dimensión nueva y urgente: el cambio estructural que conduce al desarrollo debe ser sostenible desde el punto de vista ambiental. La innovación no solo debe reducir la brecha de productividad con el mundo desarrollado y favorecer la equidad, sino que además debe reducir los costos ambientales del crecimiento.

La posición de cada país en la economía internacional depende de su capacidad para absorber conocimientos y acortar la brecha con la frontera tecnológica. ¿Cuál es la situación de América Latina y el Caribe en ese campo? Lamentablemente, si bien hay avances, los indicadores del esfuerzo innovador y el acceso a la tecnología, que son algunos de los aspectos que se abarcan en el presente documento, no son favorables. También es débil el posicionamiento de nuestros países en cuanto a la capacidad para absorber conocimientos en los nuevos paradigmas tecnológicos —en especial en las tecnologías de propósito general, que permean e impactan al conjunto del sistema productivo— y participar en su creación. Entre ellas, destacan las vinculadas a la información y las comunicaciones y su aplicación en los sectores industriales, agrícolas y de servicios.

Estos son algunos de los retos a los que se enfrenta nuestra región y a cuya solución intentamos contribuir, mediante la identificación de políticas públicas que permitan transitar por senderos de desarrollo más inclusivos y sostenibles.

La CEPAL pone la presente publicación a disposición de los Gobiernos y ciudadanos de los países de América Latina y el Caribe con la finalidad de brindar un panorama de los principales elementos que tienen relación con la ciencia, la tecnología y la innovación, en el contexto del avance de la Internet industrial y la agricultura y manufactura avanzadas. De esta forma, espera contribuir a lograr una mejor comprensión de uno de los principales desafíos que la región enfrenta en la actualidad y que continuará enfrentando en un futuro próximo.

**Alicia Bárcena**

Secretaria Ejecutiva  
Comisión Económica para  
América Latina y el Caribe (CEPAL)

## I. Un modelo de crecimiento agotado: sesgo recesivo, desigualdad y crisis ambiental



## A. El mundo busca un estilo de desarrollo sostenible

- La economía mundial enfrenta problemas importantes que indican la necesidad de cambiar el estilo de desarrollo predominante. La conciencia de los límites ambientales, económicos y sociales del estilo dominante se ha fortalecido en años recientes.
- La comunidad internacional se ha movilizado para ofrecer una respuesta. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son el resultado del consenso emergente sobre la búsqueda de un nuevo paradigma de desarrollo para encarar los desafíos que enfrenta el mundo, entre los que destacan el sesgo recesivo de la economía mundial, la globalización con desigualdad y la crisis ambiental.
- La Agenda 2030 implica un importante avance político, pues surgió de un amplio debate multilateral en el que participaron gobiernos y actores sociales. Más aún, retoma el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas entre los países en materia ambiental, económica y social. Su amplia gama de temas implica un marco conceptual que reconoce la complejidad de la situación.
- La igualdad y la sostenibilidad ambiental son sus ejes principales. Su logro depende de iniciativas como la promoción del pleno empleo con productividad y calidad, dimensiones en que la innovación y la tecnología cumplen papeles fundamentales.

### ■ Diagrama I.1 ■

#### Objetivos de Desarrollo Sostenible



## 169 metas y 231 indicadores

Fuente: Naciones Unidas [en línea] <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible>.

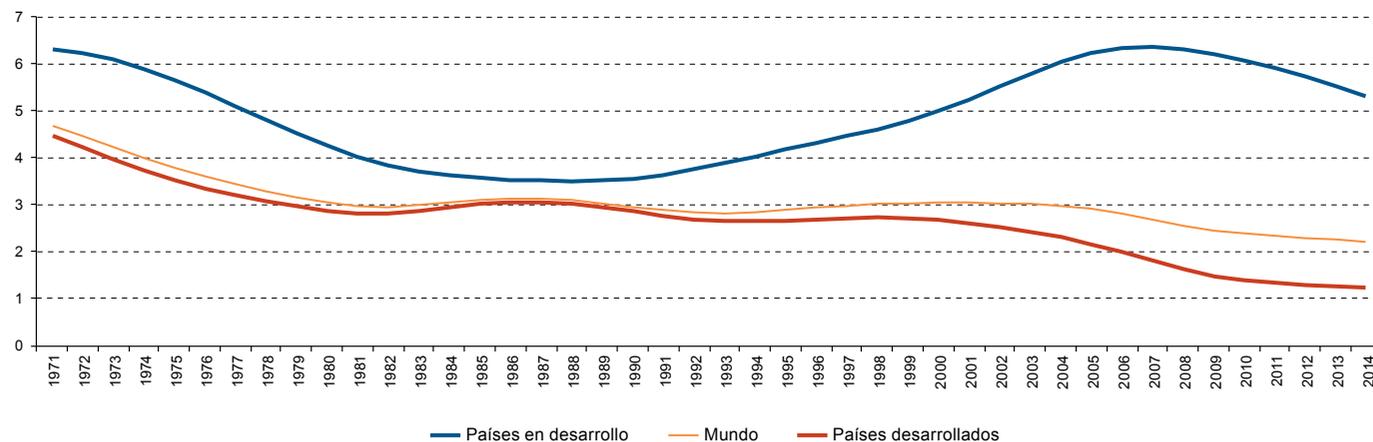
## B. Se profundiza el sesgo recesivo de la economía mundial

- La recuperación del comercio y el crecimiento económico después de la crisis de 2008 ha sido lenta e inestable. Las tasas de crecimiento del PIB mundial han sido sistemáticamente más bajas que en los años noventa y en el período 2000-2007.
- El lento crecimiento de la demanda agregada ha tenido un efecto negativo en la inversión debido a su impacto en las expectativas de rentabilidad. La tendencia a la baja de la inversión ha afectado a la tasa de crecimiento de la productividad, ya que las innovaciones tecnológicas más modernas se incorporan en el acervo de capital más reciente. Junto con la baja tendencial del crecimiento económico y la inversión, el ritmo de crecimiento de la productividad ha tendido a desacelerarse o estancarse, sobre todo en el mundo desarrollado.
- Como elemento positivo, mejoró el desempeño de las economías en desarrollo, debido sobre todo al desempeño de China, pero los resultados en América Latina y el Caribe fueron menos favorables.
- No solo la recuperación de la economía mundial ha sido débil, sino que hay preocupación por la posibilidad de una nueva crisis. Por un lado, muchas economías tienen elevados niveles de endeudamiento y sistemas financieros desacoplados de la economía real. Por otro lado, ante la ausencia de una expansión coordinada de las economías, los países con déficit comercial tratan de equilibrarlo reduciendo las importaciones ya que no ven perspectivas favorables para expandir sus exportaciones. Esto contribuye, a su vez, al lento dinamismo de la demanda agregada global.

### ■ Gráfico I.1 ■

#### Crecimiento del PIB mundial, 1971-2014

(En porcentajes)



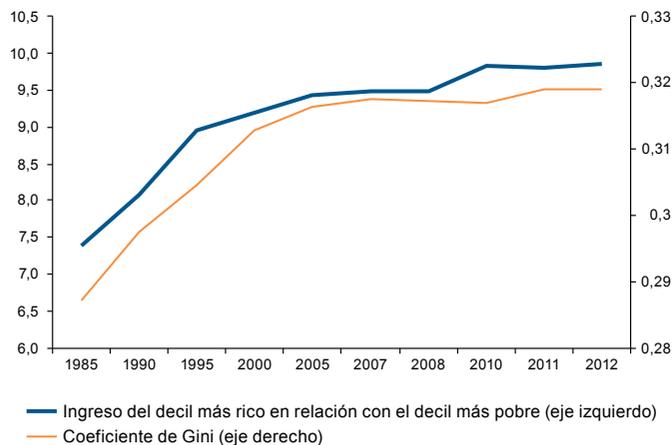
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sobre la base de datos del Banco Mundial.

## C. Aumenta la desigualdad en las principales economías del mundo

- El aumento de la desigualdad es un factor determinante de las tensiones sociales y políticas observadas en años recientes, incluso en economías con un elevado grado de desarrollo. Al reducir la expansión de la demanda agregada y elevar el endeudamiento de las familias, la desigualdad del ingreso frena la recuperación económica y aumenta su inestabilidad.
- Las economías de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) se han vuelto más desiguales desde los años ochenta. En el gráfico I.2, se muestra el aumento del coeficiente de Gini hasta mediados de la década de 2000, junto con el incremento de la proporción de ingresos del decil más rico respecto del decil más pobre.

■ Gráfico I.2 ■

**Países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE): evolución del coeficiente de Gini y de la relación entre el ingreso medio del decil más rico y el del decil más pobre, 1985-2012**



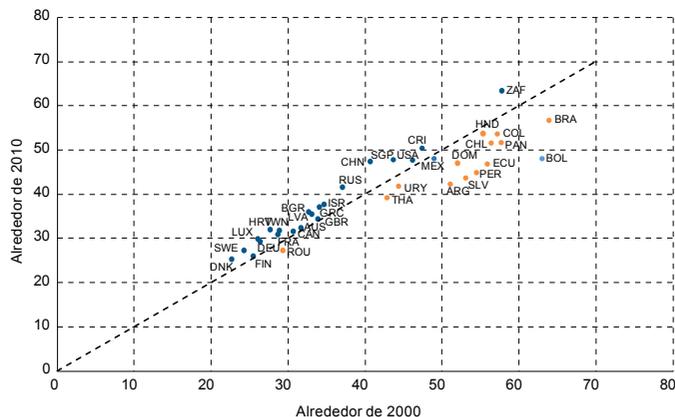
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *In It Together: Why Less Inequality Benefits All*, París, 2015.

Entre 1985 y 2013, el ingreso medio del primer grupo pasó de septuplicar al del segundo a ser diez veces superior. Si bien ambos indicadores muestran cierta estabilidad entre 2004 y 2008, vuelven a aumentar después de la crisis. Otro indicador del aumento de la desigualdad en las economías más avanzadas, el porcentaje de los salarios con respecto al PIB, cayó del 63% en el período 1960-1980 al 56% en 2012.

- La dinámica de los países de la región ha sido diferente: en la última década han reducido significativamente sus niveles de desigualdad y pobreza. Sin embargo, más recientemente, los indicadores de pobreza han comenzado a elevarse, lo que es preocupante para una región en desarrollo y con fuertes brechas sociales.

■ Gráfico I.3 ■

**América Latina (14 países) y otros países seleccionados: coeficiente de Gini, alrededor de 2000 y de 2010**



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, World Development Indicators, 2015 y All the Ginis Dataset, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y Luxembourg Income Study Database (LIS).

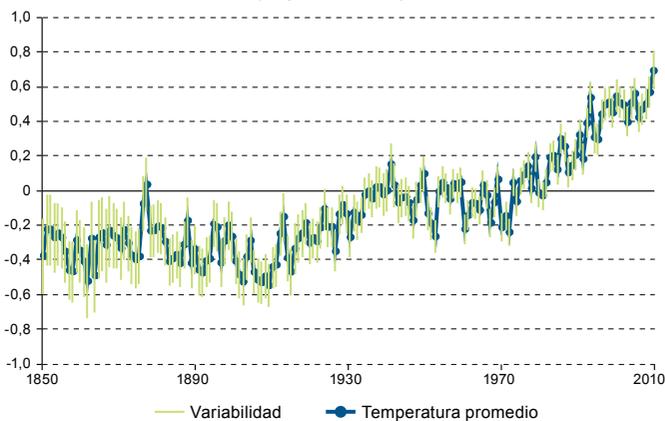
## D. El actual modelo de desarrollo implica riesgos crecientes para el medio ambiente

- Hay consenso en la comunidad científica en que el modelo actual puede derivar en una catástrofe ambiental en el largo plazo, capaz de comprometer las posibilidades de desarrollo de las generaciones futuras. Más aún, existe la posibilidad (en función del carácter no lineal de la dinámica de los sistemas ambientales) de que la situación ya esté cerca de un punto de no retorno, a partir del cual los daños ambientales no serían reversibles. Nicholas Stern (2006) considera a la crisis ambiental “la mayor falla de mercado de todos los tiempos”.
- En el gráfico I.4 se muestran dos indicadores que reflejan la dinámica ambiental: el comportamiento de la temperatura de los mares y la superficie terrestre y la extensión del hielo en el verano ártico.
- La temperatura de las superficies terrestre y marina aumenta sostenidamente desde principios del siglo XX y se acelera a partir de la década de 1960. Esto ocurre simultáneamente con la reducción de la extensión de los hielos árticos, el aumento del nivel de los mares y el mayor riesgo de las ciudades costeras.

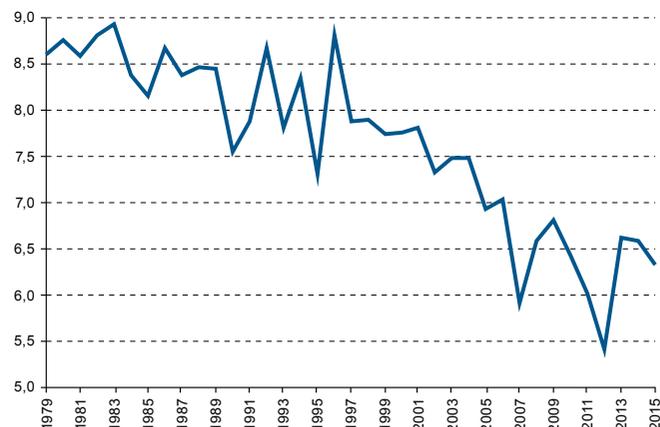
■ Gráfico I.4 ■

### Impactos ambientales del patrón dominante de crecimiento

A. Anomalías de la temperatura combinada de la superficie terrestre y oceánica, 1850-2015<sup>a</sup>  
(en grados Celsius)



B. Extensión del hielo marino en el Ártico, en verano, 1978-2015<sup>a</sup>  
(en millones de kilómetros cuadrados)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, World Development Indicators y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN).

<sup>a</sup> Los datos de temperatura corresponden a la diferencia entre el promedio mundial de la temperatura combinada de la superficie terrestre y oceánica, en promedios anuales de 1850 a 2015, y el promedio del período comprendido entre 1961 y 1990. Los datos provienen de la base HadCRUT4 del Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido.

<sup>b</sup> Los datos sobre el hielo marino en el Ártico se refieren al promedio de julio, agosto y septiembre de cada año, y provienen del National Snow and Ice Data Center (NSIDC).

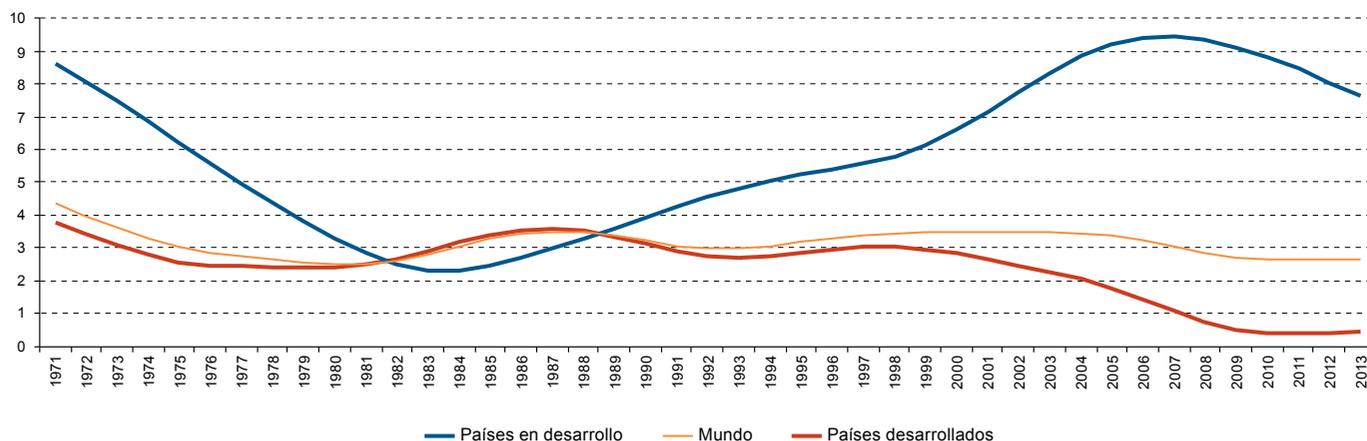
## E. Un nuevo estilo de desarrollo requiere nuevos bienes públicos globales

- Los ODS se desagregan en 17 objetivos, acompañados de 169 metas, que se articulan en torno a la generación de empleo, la igualdad en sentido amplio y el cuidado del medio ambiente. Es un conjunto extenso y ambicioso de objetivos que converge con la demanda de bienes públicos globales por parte de la sociedad civil, los gobiernos y los organismos internacionales. Estos bienes son necesarios para avanzar hacia un nuevo estilo de desarrollo. Uno de ellos es la coordinación internacional para promover un keynesianismo ambiental global (CEPAL, 2016).
- En vista de los obstáculos que enfrenta la recuperación sostenida del crecimiento, surge la necesidad de adoptar políticas fiscales expansivas para incentivar la inversión y la tasa de crecimiento. Dado que la política monetaria y la expansión monetaria (*quantitative easing*) ya han agotado su capacidad de estimular la economía, es el momento de que la política fiscal asuma un papel más importante. Ante el riesgo de un estancamiento secular y la caída de la inversión global, una política fiscal basada en la inversión pública es clave para recuperar las perspectivas de crecimiento.
- En el gráfico I.5 se observa la caída de la tasa de inversión mundial. Al igual que en el caso del crecimiento económico, los países en desarrollo han tenido un mejor desempeño que los desarrollados, aunque nuevamente este resultado está muy determinado por el desempeño de la economía china.

### ■ Gráfico I.5 ■

#### Tasa de crecimiento tendencial de la formación bruta de capital fijo, 1971-2013

(En porcentajes)

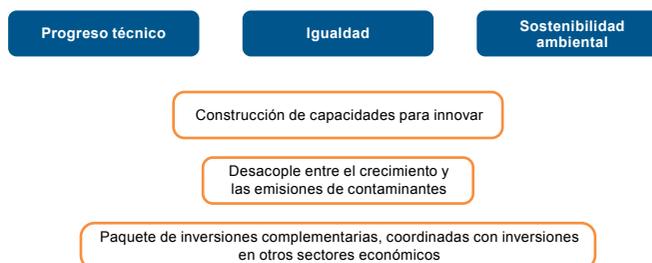


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, World Development Indicators, 2015.

## F. La estrategia para el desarrollo de América Latina y el Caribe requiere un gran impulso ambiental basado en la difusión de la tecnología

- El esfuerzo de inversión basado en un mayor activismo fiscal debe destinarse a cambiar los patrones energéticos y los sistemas de transporte para hacerlos sostenibles ambientalmente. No basta con aplicar una política fiscal keynesiana a nivel global; aunque esta permitiría recuperar el crecimiento en el corto plazo, si el crecimiento reproduce la senda anterior, no será sostenible desde el punto de vista ambiental. El impulso a la inversión debe sentar las bases (en términos de infraestructura, consumo y transporte) para que las economías transiten por sendas bajas en carbono. En el vigesimoprimer período de sesiones de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 21), que se llevó a cabo en 2015, se dieron señales muy claras de que se está construyendo una nueva institucionalidad capaz de promover el cambio hacia patrones de producción y consumo sostenibles.
- El keynesianismo ambiental global debe ser acompañado de un gran impulso ambiental, particularmente en las economías en desarrollo, las que, para salir de la trampa de bajo crecimiento y baja productividad, requieren de paquetes articulados de inversiones para superar problemas de coordinación que frenan la diversificación productiva y la absorción de tecnología.
- Un esfuerzo de este tipo es no solo una necesidad, sino también una oportunidad para el avance tecnológico en las economías de la región. El progreso técnico en las tecnologías digitales, la nanotecnología y la bioeconomía permitiría combinar un sendero de crecimiento bajo en carbono con el desarrollo de sectores que usan y difunden intensamente el conocimiento. La transformación de los patrones de producción y consumo solo será viable en un contexto en que sea funcional al cierre de brechas de ingreso y capacidades tecnológicas entre las economías avanzadas y las economías en desarrollo.

■ Diagrama I.2 ■  
El gran impulso ambiental



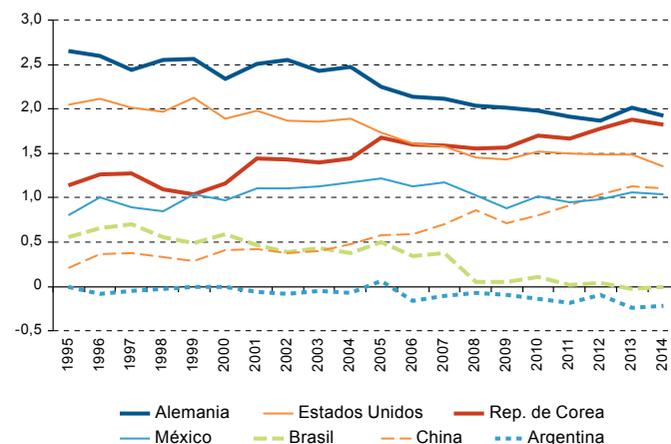
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

## G. Se debe avanzar hacia estructuras productivas más complejas basadas en la innovación

- Avanzar hacia sectores más intensivos en tecnología es clave para el crecimiento de largo plazo. Un indicador de esta dinámica es la evolución de la complejidad de la estructura económica de un país. En el gráfico I.6 se muestra la evolución, entre 1995 y 2014, del índice de complejidad económica de Hidalgo-Hausmann, que combina indicadores de diversificación y de sofisticación de las capacidades de un país. Una economía es más compleja si cuenta simultáneamente con una estructura productiva diversificada y con sectores o actividades que existen en pocos países. Esas actividades no están difundidas porque requieren capacidades tecnológicas sofisticadas que están fuera del alcance de muchas economías.
- Mientras la complejidad de la estructura productiva de México se estancó entre 1995 y 2014, las de la Argentina y el Brasil retrocedieron, lo que también sucedió con las estructuras de Alemania y los Estados Unidos, aunque estos partieron de niveles iniciales muy altos.
- Por el contrario, China y la República de Corea incrementaron de forma significativa su complejidad, lo que se relaciona con sus estrategias de política industrial de concentrar los esfuerzos de inversión en nuevos sectores tecnológicos y áreas de mayor demanda de conocimiento, por ejemplo, la economía digital, lo que les ha permitido reducir en gran medida la brecha de productividad con las economías más avanzadas.

■ Gráfico I.6 ■

Países seleccionados: índice de complejidad económica de Hidalgo-Hausmann, 1995-2014



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *Horizontes 2030: la igualdad en el centro del desarrollo sostenible* (LC/G.2660/ Rev.1), Santiago, 2016.

## H. Las estructuras complejas se vinculan con una mayor inversión en investigación y desarrollo (I+D) y patentamiento

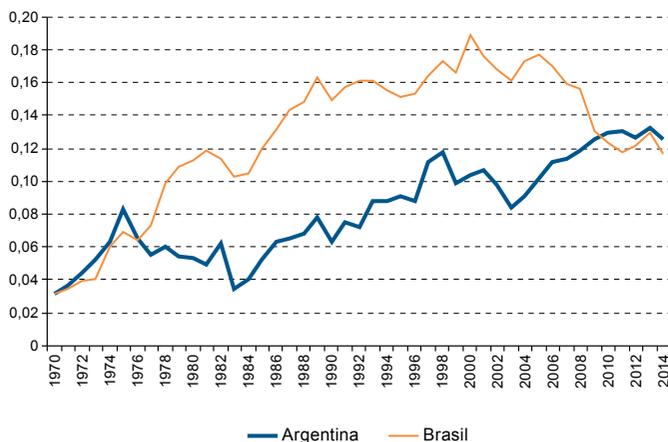
- Otros indicadores que captan directamente la magnitud de los esfuerzos tecnológicos (gastos en I+D como porcentaje del PIB) y de sus resultados (exportaciones de alta tecnología y porcentaje de patentes con respecto al total mundial) refuerzan el punto anterior. En los gráficos I.7 y I.8 se presenta la evolución del indicador CEPALITEC —que combina datos normalizados de patentes por habitante con datos sobre exportaciones de alta tecnología— en la Argentina, el Brasil, China y la República de Corea.
- En la Argentina y el Brasil, hubo un lento proceso de cambio estructural y aumento del contenido tecnológico de las

estructuras productivas, frente al elevado dinamismo que se observó en las economías asiáticas, el que ha retrocedido en los últimos años.

- Por el contrario, los dos países asiáticos, que partieron de situaciones similares a los de la región a comienzos de la década de 1970, mejoraron sustancialmente y de forma sostenida sus estructuras y dinámicas innovadoras.
- El rezago de la región en términos de estructura productiva y de capacidades tecnológicas es especialmente grave por su impacto negativo en la productividad y en el potencial de crecimiento de largo plazo.

### ■ Gráfico I.7 ■

**Argentina y Brasil: indicador de intensidad tecnológica (CEPALITEC), 1970-2014<sup>a</sup>**

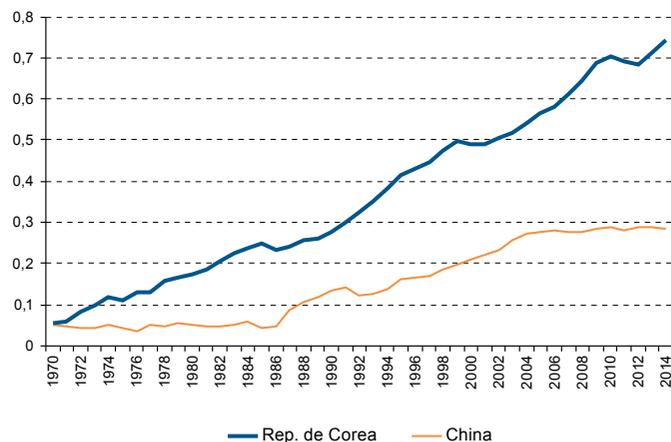


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> El CEPALITEC se calcula como el promedio del número de patentes normalizadas por millón de habitantes y el volumen de exportaciones de tecnología media y alta.

### ■ Gráfico I.8 ■

**China y República de Corea: indicador de intensidad tecnológica (CEPALITEC), 1970-2014<sup>a</sup>**



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> El CEPALITEC se calcula como el promedio del número de patentes normalizadas por millón de habitantes y el volumen de exportaciones de tecnología media y alta.

## I. La escasa complejidad de las estructuras se vincula con la poca diversificación de las exportaciones

- Los países que basan su competitividad en la exportación de productos de alta intensidad tecnológica demandan trabajadores con capacidades avanzadas y alta inversión en I+D, al tiempo que mantienen una estrecha vinculación entre el sistema productivo y el de ciencia y tecnología. Los sectores de alta intensidad tecnológica están menos expuestos a la entrada de competidores, por lo que obtienen mayores rentas. De esta manera, la exportación de productos avanzados tecnológicamente es una característica de casi todos los países desarrollados.
- Los países con mayores exportaciones de productos de alta intensidad tecnológica demandarán más científicos y técnicos calificados. Los sectores exportadores de bienes tecnológicamente avanzados difícilmente sobrevivirán sin recursos humanos capaces de desarrollar estos productos. Al mismo tiempo, los trabajadores de una economía no tienen incentivos para especializarse e invertir en capital

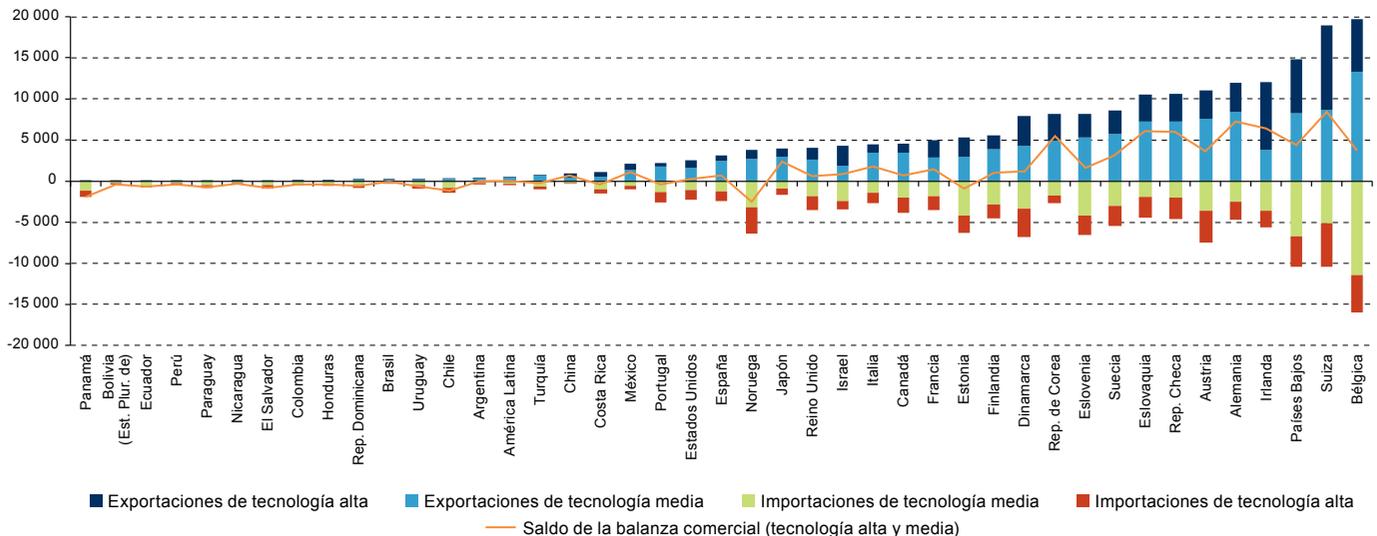
humano avanzado si no existe un mercado que demande esas habilidades. Esta relación disminuye las posibilidades de que los países que no se dedican a la exportación de bienes intensivos en tecnología puedan hacerlo en el futuro si no planifican una adecuada estrategia de desarrollo tecnológico e industrial.

- En el gráfico I.9, se muestran las exportaciones e importaciones por habitante de bienes de media y alta intensidad tecnológica en 2014, a precios corrientes. Los países desarrollados exportan unos 2.000 dólares por habitante de este tipo de bienes, mientras que, en América Latina, solo México alcanza esa cifra. Costa Rica exporta alrededor de 1.000 dólares por habitante, mientras que los restantes países tienen cifras menores a los 500 dólares. Además, los países avanzados tecnológicamente mantienen superávit en su saldo de balanza comercial de bienes de tecnología alta y media, lo que no ocurre en las economías de la región.

### ■ Gráfico I.9 ■

#### Exportaciones e importaciones per cápita de productos de intensidad tecnológica media y alta, 2014

(En dólares corrientes)



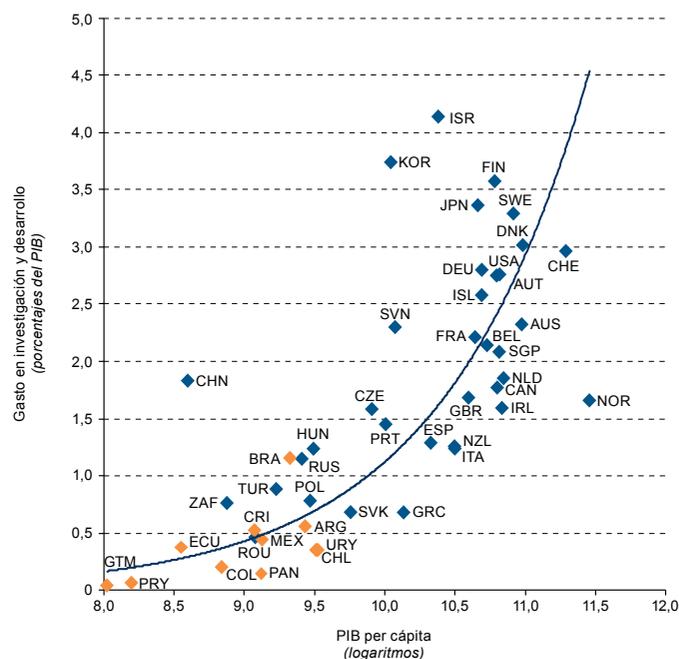
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Sistema Interactivo Gráfico de Datos de Comercio Internacional (SIGCI), y sobre la base de datos del Banco Mundial.

## J. Hay una relación positiva y significativa entre el ingreso por habitante y la inversión en innovación

- A medida que los países desarrollan nuevos productos, procesos y formas de organizar la producción, sus estructuras económicas y sociales cambian cuantitativa y cualitativamente, lo que se refleja en un aumento de su ingreso por habitante y de los recursos para I+D. Se crea así un círculo virtuoso de innovación y crecimiento económico.
- Todos los procesos de crecimiento sostenido tuvieron lugar en contextos con instituciones públicas y privadas que moldearon las trayectorias de desarrollo e impulsaron la generación de capacidades científicas y tecnológicas. Pese a ello, la relación precisa entre la innovación y el desarrollo, y la formulación de políticas para estimular la acumulación y la difusión de conocimientos son temas en debate.
- La inversión en I+D es uno de los principales indicadores del esfuerzo tecnológico e innovador. A nivel mundial, hay una correlación muy elevada entre esa inversión y el ingreso por habitante de una economía. Este vínculo no es determinante ni unidireccional, pues también depende de variables como las capacidades de los recursos humanos, la eficiencia de las instituciones (centros de investigación y universidades) y el patrón de especialización productiva.
- En el gráfico I.10, puede observarse que todos los países cercanos a la frontera tecnológica se encuentran en el cuadrante superior derecho. En cambio, los países de América Latina ocupan el cuadrante inferior izquierdo, pues su PIB por habitante está entre los más bajos de los países considerados y su gasto en I+D no supera el 0,5% del PIB, con la excepción del Brasil, que invierte alrededor del 1,2% de su producto.

■ Gráfico I.10 ■

Países seleccionados: PIB per cápita y gasto en investigación y desarrollo, promedio de 2009-2013



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sobre la base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y del Banco Mundial.

## **II. Innovación y generación de conocimiento: tendencias mundiales y retos regionales**



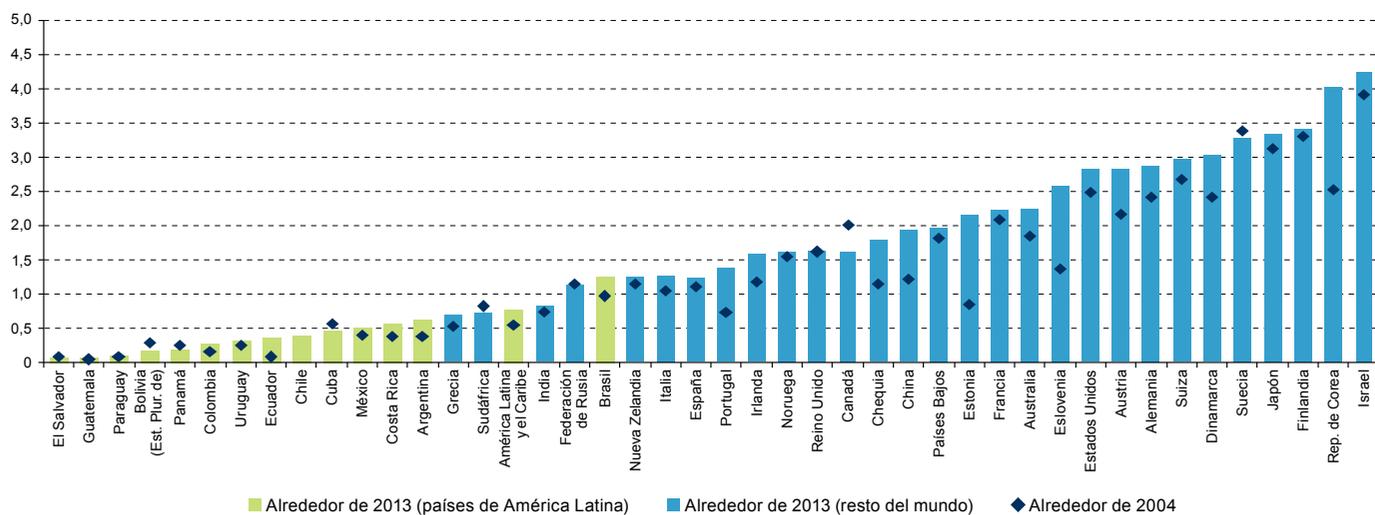
## A. La inversión en investigación y desarrollo (I+D) de la región es ínfima

- En el gráfico II.1, se identifican cinco grupos de países según la intensidad de su inversión en I+D con respecto al PIB. El primero, que corresponde a países con niveles superiores al 2%, está compuesto por países desarrollados, entre los que destacan Israel, la República de Corea, Finlandia y el Japón.
- El segundo grupo (entre el 1% y el 2%) incluye a economías como las de España y Noruega. El Brasil es el único país de la región que pertenecen a este grupo, con una inversión del 1,2%.
- El tercer conjunto (entre el 0,5% y el 1%) comprende a países como Grecia y Sudáfrica. La Argentina, Costa Rica y México son los países latinoamericanos que se encuentran en este grupo.
- En el cuarto grupo (entre el 0,2% y el 0,5%), se ubican Cuba, Chile, el Ecuador, el Uruguay y Colombia. Finalmente, un quinto grupo (menos del 0,2%) incluye a Panamá, el Estado Plurinacional de Bolivia, el Paraguay, Guatemala y El Salvador.
- Esta información confirma la baja propensión de los países latinoamericanos a invertir en I+D, con excepción del Brasil, la Argentina, Costa Rica y México, los que, sin embargo, no alcanzan el nivel de innovación de los países tecnológicamente avanzados. Al mismo tiempo, estos datos explicitan la gran heterogeneidad de las economías de la región, que se verá reflejada en la mayoría de las variables relacionadas con la innovación y las capacidades tecnológicas que se examinan en este documento.

### ■ Gráfico II.1 ■

#### Inversión en investigación y desarrollo (I+D), alrededor de 2013 y de 2004

(En porcentajes del PIB)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT).

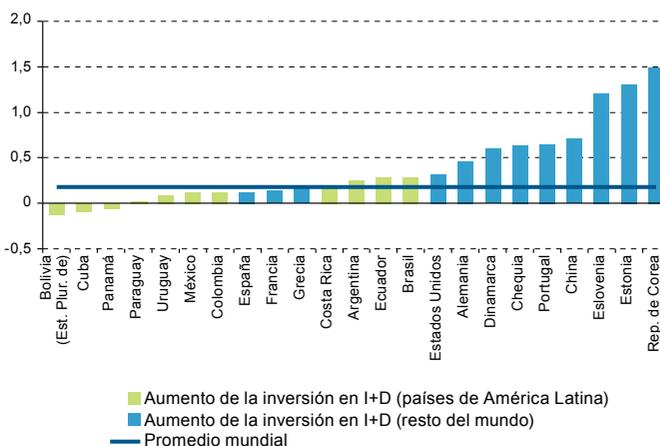
## B. No se ha avanzado lo suficiente desde 2004

- Al analizar la dinámica de la inversión en I+D de los países latinoamericanos entre 2004 y 2013, se observa el estancamiento de la región con respecto a otros países emergentes, que expanden sus fronteras tecnológicas y de conocimiento, e incluso con respecto a países tecnológicamente maduros y avanzados.
- En el gráfico II.2 se presentan cinco grupos de países. En el primero, que corresponde a la República de Corea, Estonia y Eslovenia, el gasto en I+D aumentó más de 1 punto porcentual del PIB.
- El segundo grupo (con aumentos de entre 0,5 y 1 puntos porcentuales) incluye a China, Portugal, Chequia y Dinamarca.
- El tercer grupo, que comprende a algunos países de la región (como la Argentina, el Brasil y el Ecuador) y algunos países desarrollados (por ejemplo, Alemania y los Estados Unidos) aumentó su inversión por encima del promedio mundial, de 0,18 puntos porcentuales, pero sin sobrepasar los 0,5 puntos porcentuales.
- Del cuarto grupo forman parte los países en los que la variable en consideración creció menos de 0,2 puntos porcentuales, entre los que se cuentan Costa Rica, Colombia, México y el Uruguay, así como algunas economías maduras poco dinámicas en esta materia en los últimos años (por ejemplo, Francia y España).
- Por último, se encuentran países que disminuyeron su inversión en I+D entre 2004 y 2013, como Bolivia (Estado Plurinacional de), Cuba y Panamá.

■ Gráfico II.2 ■

### Tasa de crecimiento de la proporción del PIB destinada a la investigación y el desarrollo (I+D), 2004-2013

(En puntos porcentuales)



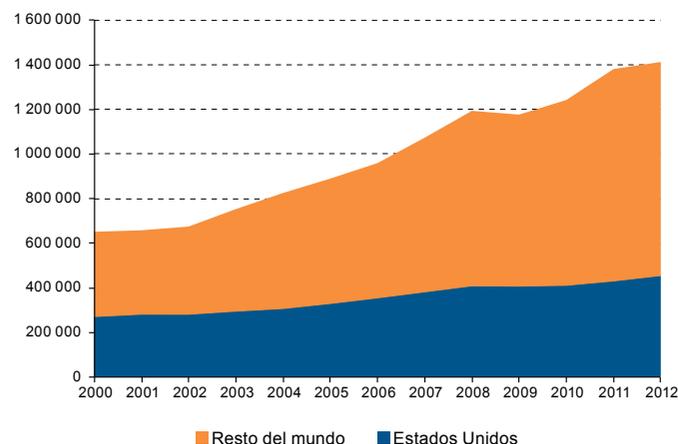
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT).

## C. La región realiza el 2,8% del gasto mundial en I+D, un tercio de su peso en la población mundial

- En las últimas décadas, la inversión mundial en I+D aumentó marcadamente, muy por encima de lo que lo ha hecho la economía. Pese a estancarse durante la crisis iniciada en 2008, ha retomado su ritmo gracias al impulso observado en las economías emergentes.
  - Si bien los Estados Unidos y el Japón continúan siendo los principales actores (con el 33% y el 15%, respectivamente, del gasto mundial en 2012), su hegemonía ha comenzado a verse amenazada por el avance de China, que aumentó su participación del 1,6% en el año 2000 al 11,8% en 2012.
  - Este país ha adoptado una estrategia de crecimiento basada en una inserción internacional que primeramente priorizó la imitación y adaptación de tecnologías desarrolladas en el mundo avanzado y luego dio preferencia al desarrollo tecnológico interno, vinculando fuertemente la oferta y la demanda de conocimiento. Esto le ha permitido posicionarse en un lugar destacado a nivel mundial.
- En la región, el auge de precios de los recursos naturales no fue acompañado de una visión estratégica que apuntara a la ciencia, la tecnología y la innovación como factor clave del desarrollo. Así, el avance de la región en I+D fue débil comparado con el de China. Mientras que, en el año 2000, tanto América Latina como el país asiático realizaban un 1,6% de la inversión mundial en I+D, en 2012 la región alcanzaba solo el 2,8%, mientras que China llegaba al 11,8%. Por otra parte, el aumento regional se debió principalmente al incremento de la inversión en I+D del Brasil. En este país, un pequeño aumento de la proporción del PIB destinada a esa inversión se combinó con un fuerte crecimiento del producto, lo que redundó en que su cuota en el total mundial pasara del 1% al 2%. En el resto de la región, el aumento de la cuota fue de solo 0,2 puntos porcentuales (del 0,6% al 0,8%).

■ Gráfico II.3 ■

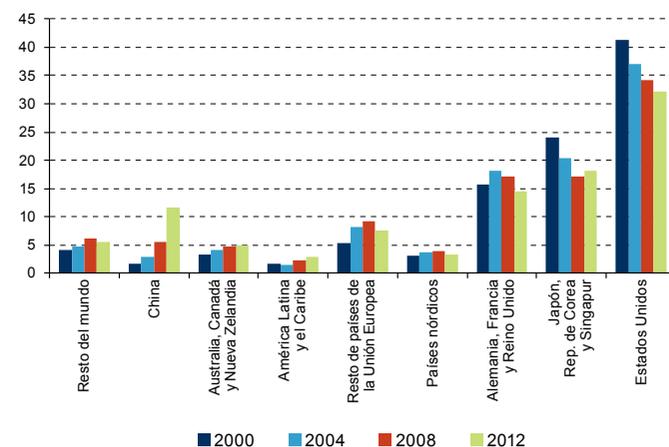
**Inversión mundial en investigación y desarrollo (I+D), 2000-2012**  
(En millones de dólares)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, información oficial.

■ Gráfico II.4 ■

**Distribución mundial del gasto en investigación y desarrollo (I+D) según grupos de países, 2000-2012**  
(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, información oficial.

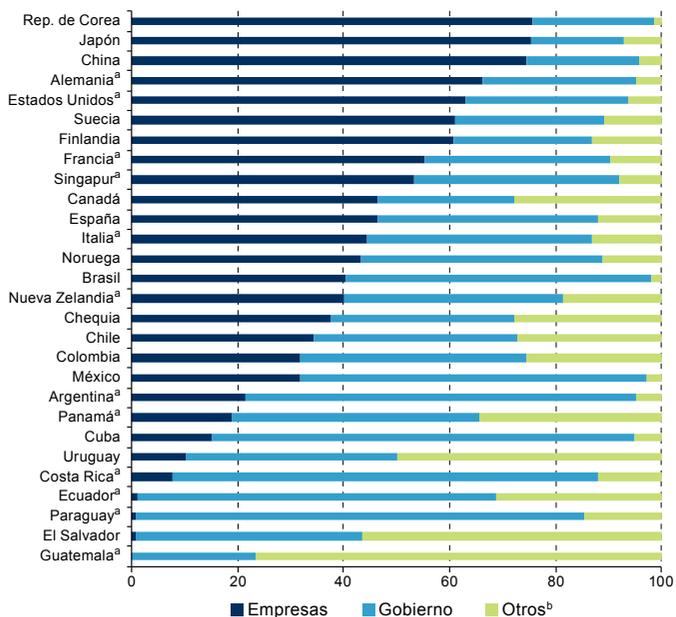
## D. La I+D es financiada por el gobierno y ejecutada por el sector educacional

- En la región, el comportamiento de la inversión en I+D ha sido estable, manteniendo sus diferencias con las economías industrializadas y los países emergentes en materia de fuentes de financiación y sectores que ejecutan las actividades.
- Mientras en los países avanzados el principal origen del financiamiento es el sector privado, en la región el sector público es el que más contribuye. El gobierno financia más del 40% del total en todos los países, exceptuando Chile, el Ecuador, El Salvador y el Uruguay. El sector empresarial es aún un actor menor, superando el nivel del 40% solo en el Brasil.

### ■ Gráfico II.5 ■

#### Gasto en investigación y desarrollo (I+D) según sector de financiamiento, 2012

(En porcentajes)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT).

<sup>a</sup> Datos de 2011 o 2010.

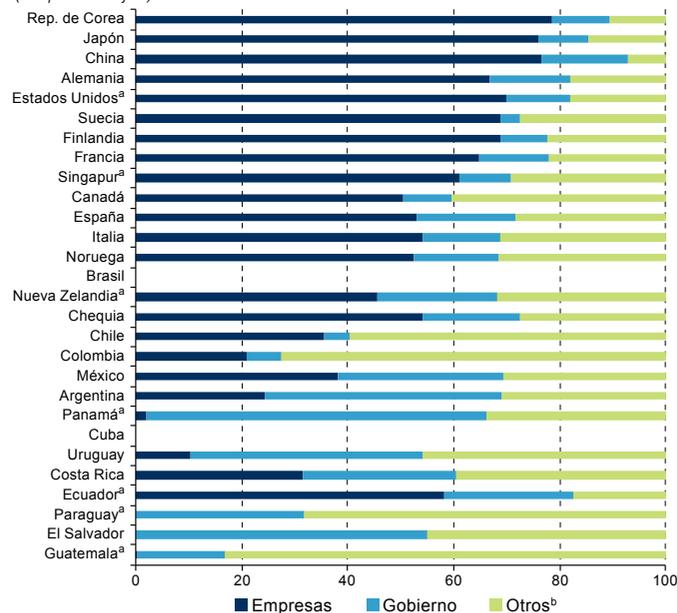
<sup>b</sup> Se incluye a instituciones de educación superior, organismos extranjeros y entidades privadas sin fines de lucro.

- La categoría “Otros”, que incluye a organismos del exterior, instituciones de educación superior y entidades privadas sin fines de lucro, no contribuye mayormente a la financiación de la I+D, aunque en algunos países, como el Uruguay, el Ecuador y El Salvador, es la principal fuente.
- En lo referente a los sectores de ejecución, en las economías desarrolladas el principal actor es el sector privado. En cambio, en los países de América Latina los agentes más importantes son el sector educacional y el sector privado sin fines de lucro, lo que muestra un débil compromiso del sector productivo con la innovación y el cambio tecnológico como motores de la competitividad empresarial.

### ■ Gráfico II.6 ■

#### Gasto en investigación y desarrollo (I+D) según sector de ejecución, 2012

(En porcentajes)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT).

<sup>a</sup> Datos de 2011 o 2010.

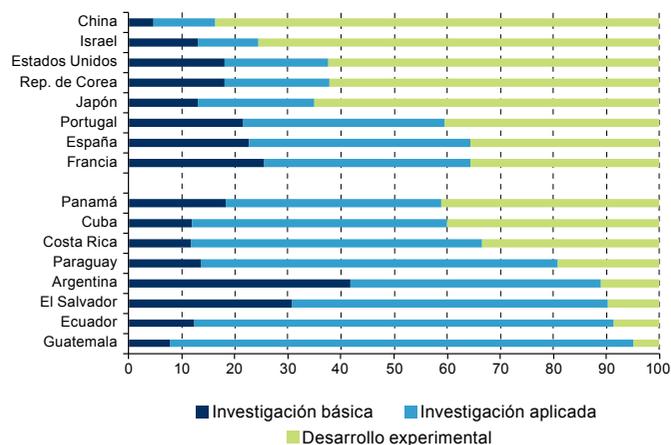
<sup>b</sup> Se incluye a instituciones de educación superior, organismos extranjeros y entidades privadas sin fines de lucro.

## E. La I+D de América Latina se concentra en la investigación, mientras que en los países avanzados predomina el desarrollo experimental

- La investigación y el desarrollo experimental comprenden todo trabajo creativo llevado a cabo en forma sistemática para incrementar el acervo de conocimiento, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de este acervo para idear nuevas aplicaciones. Esta definición involucra tres actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental, que se definen de la siguiente manera:
  - La investigación básica es el trabajo sistemático original, teórico o experimental destinado a incrementar el conocimiento de un fenómeno o hecho sin considerar una aplicación práctica o directa.
  - La investigación aplicada también consiste en un trabajo sistemático original, pero, a diferencia de la anterior, tiene como fin resolver una necesidad o problema práctico específico.
  - El desarrollo experimental está orientado a la producción nueva o mejorada de materiales, productos, dispositivos, procesos o sistemas.
- En los países tecnológicamente avanzados, una gran proporción de la inversión en I+D se dedica al desarrollo experimental de productos innovadores. En cambio, en los países latinoamericanos ese desarrollo absorbe una fracción pequeña del gasto en I+D, el que se dedica mayormente a la investigación, básica y aplicada.
- En el gráfico II.7 se observa la distribución del gasto en I+D dedicado a la investigación básica, a la investigación aplicada y al desarrollo experimental. Los países más avanzados, como los Estados Unidos, el Japón, Israel y la República de Corea, o que han montado sus estrategias recientes de crecimiento sobre la base del desarrollo tecnológico, como China, muestran un patrón diferente respecto de los otros países considerados, dedicando entre el 60% y el 80% de su inversión en I+D al desarrollo experimental. En los países europeos, este porcentaje se reduce al 40%. Los países de la

región destinan una proporción menor del gasto al desarrollo experimental y dedican la mayor parte de la inversión a la investigación experimental. No obstante, hay diferencias considerables: en Guatemala y el Ecuador hay un fuerte sesgo hacia la investigación aplicada (se destina más de un 80% del total de I+D) mientras que países como Cuba y Panamá invierten un 40% en desarrollo experimental. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en los países más avanzados, la inversión en desarrollo experimental no se realiza en empresas, sino en laboratorios o centros de investigación.

■ **Gráfico II.7**  
**Países seleccionados: gasto en investigación y desarrollo (I+D) dedicado al desarrollo experimental, promedio de 2010-2013**  
 (En porcentajes)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT).

## F. La región recibió solo el 4% de la inversión extranjera directa en I+D

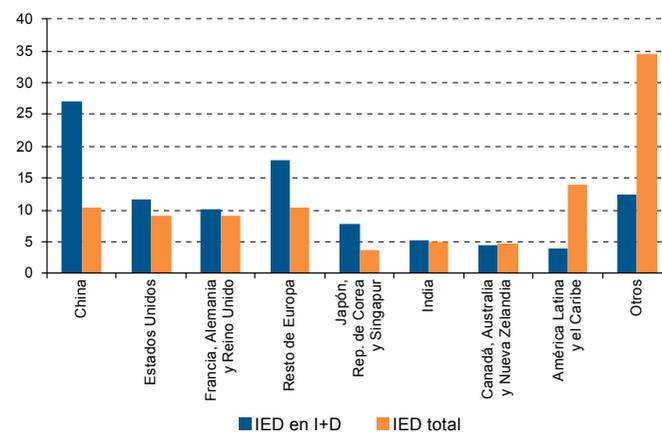
- La globalización se ha concretado en redes mundiales de innovación, potenciando la innovación abierta, es decir, métodos de colaboración entre diferentes tipos de organizaciones, que muchas veces incluyen el pago de licencias de propiedad intelectual. En una red global de innovación, las empresas establecen vínculos con personas, instituciones (universidades, institutos de gobierno) y otras empresas de distintos países para resolver problemas y aprovechar nuevas ideas. Las empresas pueden seguir generando de manera interna las tecnologías críticas, pero muchas otras pueden desarrollarse en redes externas, para lo que las firmas utilizan diferentes métodos. Los dos modelos tradicionales son las asociaciones con actores externos mediante alianzas, empresas mixtas, tareas de desarrollo conjunto y la adquisición o venta de conocimiento mediante contratos de I+D, y la compra o concesión de licencias. La innovación abierta se lleva a cabo cada vez más mediante sociedades de riesgo compartido: inversiones de capital en empresas derivadas o fondos de inversión de capital de riesgo.
- La participación en las redes globales de innovación deriva en la creación y la difusión de conocimientos. No solo ayuda a la producción y difusión de conocimiento codificado, sino que es también un medio importante para transmitir conocimiento tácito. En sentido estricto, el conocimiento tácito es cualquier conocimiento que no puede ser codificado ni transmitido como información por medio de documentos, informes académicos, pláticas, conferencias u otros canales de comunicación. Se transfiere de manera más efectiva entre los individuos que comparten un contexto social y están ubicados en zonas cercanas. Las formas más conocidas de conocimiento tácito son los conocimientos especializados, los hábitos y los modelos mentales.
- Una forma de medir el grado en que un país se ha incorporado a una red mundial de innovación es mediante la inversión extranjera directa (IED) en I+D. Utilizando la base de datos de *fDi Markets* del Financial Times, que contabiliza los anuncios de inversiones transfronterizas a nivel global desde 2003, América Latina solo habría recibido el 4% de los montos transfronterizos invertidos en I+D entre 2012 y 2015, lo que contrasta con casi el 14% de anuncios de IED para todos los sectores. Los mayores receptores de estas inversiones extranjeras en I+D

fueron China, la India y los países desarrollados de Europa, seguidos por los países en desarrollo de Asia. Las inversiones en América Latina provienen principalmente de los Estados Unidos, el Reino Unido, Suiza, Alemania y España. El principal país de destino de las inversiones en la región fue el Brasil, que concentró más del 60% de los montos entre 2012 y 2015, seguido por Chile, Panamá, México, Colombia y Costa Rica. Las inversiones extranjeras directas en I+D se concentran en la industria química (30%), las comunicaciones (14%), la industria farmacéutica (10%) y las energías renovables (8%).

- Incorporarse a las redes globales de innovación ofrece oportunidades para fortalecer los sistemas nacionales de innovación de la región. Pese a ello, solo unos pocos países han atraído este tipo de inversiones, en contraste con lo que sucede en las economías emergentes asiáticas. Por otra parte, los beneficios indirectos de la IED en investigación y desarrollo pueden ser escasos si los países que la reciben no amplían las capacidades para absorber las nuevas tecnologías o si estas no se complementan con las necesidades de su industria.

■ Gráfico II.8 ■  
Recepción de inversión extranjera directa (IED) en investigación y desarrollo (I+D), 2012-2015<sup>a</sup>

(En porcentajes del total mundial de IED)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Financial Times, *fDi Markets* y Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), *World Investment Report 2016*.

<sup>a</sup> Los datos se refieren a montos anunciados para proyectos de inversión nuevos o ampliación de inversiones ya existentes.

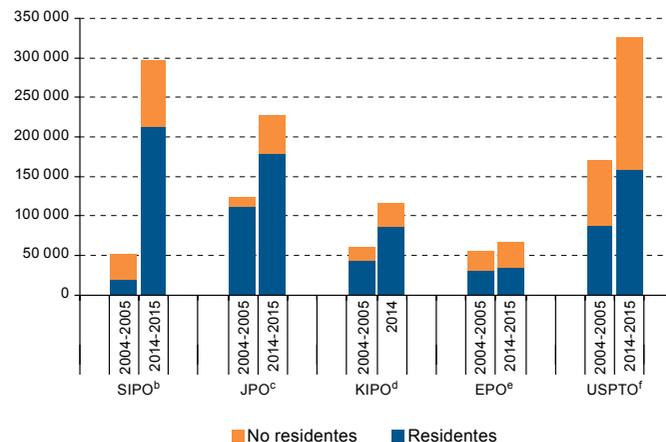
### III. Propiedad intelectual y patentamiento



## A. Crece la utilización de la propiedad intelectual en el mundo y se concentra en tres países

- Las empresas disponen de varios mecanismos para la apropiación de los resultados de sus inversiones en I+D, entre los que se cuentan los de índole legal (como las patentes), los modelos de utilidad y los diseños industriales, y los mecanismos estratégicos, como el secreto industrial y las capacidades manufactureras complementarias. Si bien es cierto que la propensión a patentar es fuertemente asimétrica y está sesgada hacia sectores como el farmacéutico, el número de solicitudes y de patentes otorgadas es un indicador útil para analizar el desempeño innovador.
- Las cinco principales oficinas de propiedad intelectual (la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO), la Oficina Europea de Patentes (OEP), la Oficina de Patentes del Japón (JPO), la Oficina Coreana de Propiedad Intelectual (KIPO) y la Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de China (SIPO)) manejan alrededor del 80% de las solicitudes de patentes a nivel mundial y el 95% de la labor realizada mediante el Tratado de Cooperación en materia de Patentes, del que son parte los países de América Latina, excepto la Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de), el Paraguay, el Uruguay y Venezuela (República Bolivariana de).
- En el gráfico III.1 se muestra el número de patentes otorgadas por cada una de las cinco oficinas, como promedio de los períodos 2004-2005 y 2014-2015, desagregado por el país de residencia de los solicitantes. En primer lugar, se observa que la oficina de los Estados Unidos mantiene el primer lugar en número de patentes entregadas, seguida de cerca por la agencia china, cuyo vertiginoso crecimiento la ha posicionado en el segundo lugar a nivel mundial.
- También es notorio el gran aumento del número de patentes concedidas en cuatro de estas oficinas; solo la europea ha tenido un aumento moderado, de un 18% en una década, frente al elevado crecimiento registrado en el caso del Japón (84%), la República de Corea (89%) y los Estados Unidos (92%). Por su parte, en China se quintuplicó el número de patentes adjudicadas en el bienio 2014-2015 con respecto al período 2004-2005.
- Por último, a diferencia de lo que ocurre en las oficinas de marcas y patentes de los países asiáticos, en el caso de las oficinas estadounidense y europea la distribución entre residentes y no residentes es mucho más equilibrada. En los Estados Unidos, en los últimos años se han otorgado más de 160.000 patentes a no residentes, cifra que supera el número de patentes registradas por residentes, lo que confirma a ese país como el mayor mercado del conocimiento para productos innovadores a nivel global.

■ Gráfico III.1 ■  
Número de patentes concedidas según residencia y oficina de registro de patentes, 2004-2005 y 2014-2015<sup>a</sup>



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO); Oficina Europea de Patentes (OEP); Oficina de Patentes del Japón (JPO); Oficina Coreana de Propiedad Intelectual (KIPO); Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de China (SIPO), y estadísticas de IP5 Offices [en línea] <http://www.fiveipoffices.org>.

<sup>a</sup> Promedio de cada período. Los datos de la República de Corea del período 2014-2015 solo consideran el año 2014. La residencia se determina según el país de residencia del titular de la patente mencionado en primer lugar en la solicitud. En los datos de la República de Corea y China, la residencia se establece según el país de origen del solicitante de la patente.

<sup>b</sup> Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de China.

<sup>c</sup> Oficina de Patentes del Japón.

<sup>d</sup> Oficina Coreana de Propiedad Intelectual.

<sup>e</sup> Oficina Europea de Patentes.

<sup>f</sup> Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos.

## B. El nivel de patentamiento de la región sigue siendo muy bajo

- La USPTO es la mayor oficina de patentes del mundo. Una revisión del número de patentes que se registran en ella da una idea de la utilización de los mecanismos de propiedad intelectual, en particular de las patentes, lo que se vincula con las capacidades de los países de innovar y generar desarrollos tecnológicos y con su potencial para constituirse en mercados de conocimiento.
- En el cuadro III.1, se presenta la distribución según el país de origen del número de patentes concedidas a no residentes otorgadas por la USPTO en los periodos 2002-2005 y 2012-2015. Mientras la participación de la región ha aumentado levemente de un 0,4% a un 0,5%, nuevos actores entraron con fuerza al mercado del conocimiento y reconfiguraron el orden de importancia.
- Entre los no residentes, el Japón sigue siendo el principal actor en la USPTO, seguido muy de lejos por Alemania, destacando también la República de Corea y China. La participación coreana aumentó del 5,1% del total a principios del presente milenio al 10,7% en el período 2012-2015. La participación china pasó de un 0,6% a un 4,5% superando a Francia y al Reino Unido. También destacan los aumentos de Israel y la India. Estos casos contrastan con los países latinoamericanos y caribeños, cuya contribución aumentó marginalmente.

### ■ Cuadro III.1 ■ Distribución del número de patentes concedidas por la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) a no residentes, 2002-2005 y 2012-2015

(En porcentajes)

	2002-2005	2012-2015
Japón	42,1	34,2
Alemania	13,3	10,5
Provincia china de Taiwán	7,9	7,6
República de Corea	5,1	10,7
Reino Unido	4,6	4,2
Francia	4,5	4,2
Canadá	4,4	4,6
Italia	2,2	1,8
Suecia	1,8	1,7
Países Bajos	1,8	1,6
Suiza	1,6	1,6
Israel	1,3	2,1
Australia	1,2	1,2
Finlandia	1,0	0,8
Bélgica	0,8	0,7
Hong Kong (Región Administrativa Especial de China)	0,7	0,5
Austria	0,7	0,7
Dinamarca	0,6	0,7
China	0,6	4,5
Singapur	0,5	0,6
<b>América Latina</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>
India	0,4	1,7
Otros países	2,2	3,1
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO).

## C. La región se rezaga con respecto a los países asiáticos

- Si bien la participación en el total de patentes otorgadas por la USPTO muestra la relevancia de los países o regiones en el concierto científico y tecnológico internacional, la tasa de patentes por millón de habitantes es un indicador más adecuado para medir el desarrollo tecnológico. El avance del paradigma tecnoeconómico se relaciona con la capacidad de los países de generar conocimientos y la utilización de mecanismos para su protección. De acuerdo con la USPTO, la tasa de patentamiento por millón de habitantes pasó de 13,5 en el período 1980-1984 a 35,9 en el período 2010-2014, impulsada fuertemente por las economías avanzadas y algunas emergentes, como la República de Corea y Singapur, que multiplicaron su indicador más de 500 y 90 veces, respectivamente. Los países que siguen a los Estados Unidos, el país que más patentes posee por millón de habitantes en su propia oficina de patentes y marcas, son el Japón, Israel, la República de Corea y Suiza, con más de 200 patentes por millón de habitantes.
- América Latina tiene un promedio de 0,9 patentes por millón de habitantes en el período 2010-2014, muy inferior a los resultados de los países desarrollados y del promedio mundial. Chile, Costa Rica y el Uruguay presentan los mejores resultados, en contraste con la República Bolivariana de Venezuela y el Perú, que no registraron avances significativos en tres décadas.
- En el gráfico III.2 se muestra un conjunto de países que tuvieron tasas similares a las latinoamericanas en el período 1992-1995. Desde ese lapso, Malasia experimentó un aumento sostenido del número de patentes por millón de habitantes. Portugal, Polonia y China tuvieron tasas incluso inferiores a las latinoamericanas hasta comienzos del siglo XXI, pero a partir del período 2004-2007 elevaron sus indicadores, y actualmente disponen de cuatro veces más patentes por habitante que los países de la región.

### ■ Cuadro III.2 ■

#### Patentes concedidas por la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO), 1992-1995 y 2012-2015<sup>a</sup>

(En número de patentes por millón de habitantes)

	1992-1995	2012-2015
Estados Unidos	237,5	469,2
Japón	186,2	427,1
Israel	71,5	403,5
República de Corea	20,6	339,0
Suiza	176,7	305,1
Singapur	14,7	172,8
<b>Mundo</b>	<b>19,9</b>	<b>42,6</b>
España	4,3	17,6
Malasia	0,7	8,3
Portugal	0,5	5,5
China	0,0	5,3
Costa Rica	1,7	3,4
Chile	0,5	3,4
Federación de Rusia	0,6	3,0
Uruguay	0,3	2,4
Argentina	0,9	1,8
México	0,5	1,6
Brasil	0,4	1,6
<b>América Latina y el Caribe</b>	<b>0,4</b>	<b>1,2</b>
Cuba	0,1	1,1
Venezuela (República Bolivariana de)	1,4	0,7
Colombia	0,2	0,5
Ecuador	0,1	0,3
El Salvador	0,0	0,2
Perú	0,1	0,1

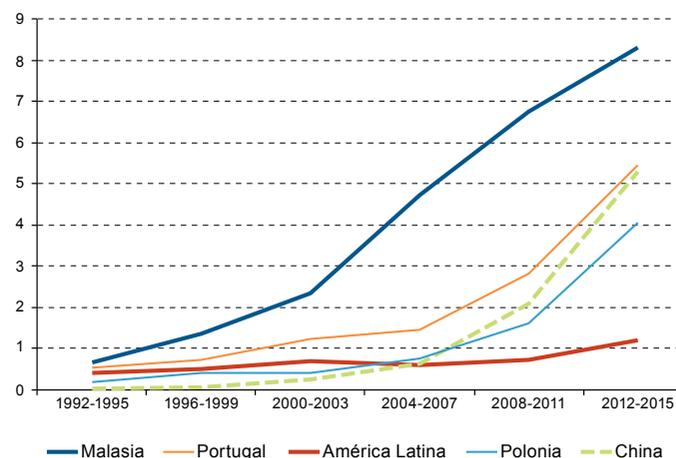
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) y Banco Mundial.

<sup>a</sup>Promedio de cada período.

### ■ Gráfico III.2 ■

#### Patentes concedidas por la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO), 1992-2015

(En número de patentes por millón de habitantes)



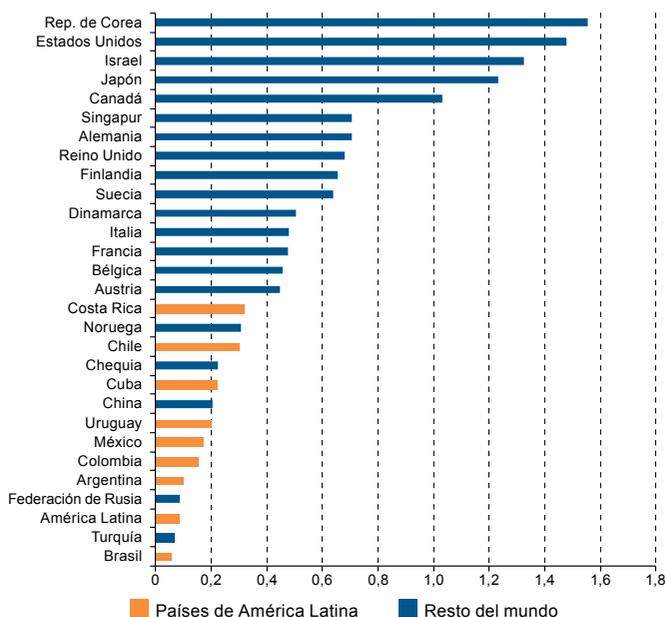
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) y Banco Mundial.

## D. La eficacia de la inversión en I+D para generar patentes

- Suponiendo que existe una relación directa entre la inversión en I+D y la cantidad de patentes obtenidas, el número de estas en un trienio por cada millón de dólares anuales invertidos en I+D en el trienio previo es un indicador de la eficiencia del gasto en I+D.
- Según este indicador, hay cuatro grupos de países. En primer lugar, un conjunto que cuenta con un alto nivel de desarrollo tecnológico y una gran capacidad de convertir la inversión en I+D en nuevos bienes y servicios o procesos patentables (República de Corea, Estados Unidos, Israel y Japón). En estos países, por cada millón de dólares invertidos en promedio entre 2011 y 2013, se obtuvieron entre 1,3 y 1,5 patentes en el período 2013-2015.
- El segundo grupo, con una capacidad importante pero menor que la del grupo anterior, fluctúa entre 0,6 y 0,7 (Singapur, Alemania, Reino Unido y Finlandia, entre otros).
- El tercer grupo, liderado por Dinamarca, Italia, Francia y Bélgica, corresponde al segmento cuyo indicador de eficiencia se ubica entre 0,4 y 0,5. Costa Rica, Noruega, Chile, Chequia, Cuba, China y el Uruguay forman parte del conjunto de países cuyo indicador de eficiencia se ubica entre 0,2 y 0,4. Finalmente, en el quinto grupo se encuentran los países con un indicador menor a 0,2 (México, Colombia, Argentina y Brasil, entre los latinoamericanos). Su gasto en I+D se traduce en menos patentes que en los países desarrollados debido a la menor capacidad de sus universidades, centros de investigación y empresas de generar nuevo conocimiento, una mayor orientación a importar y adaptar tecnología y una menor vinculación entre las universidades y el mundo empresarial.

■ Gráfico III.3 ■

**Países seleccionados: eficacia de la inversión en investigación y desarrollo expresada en el número de patentes<sup>a</sup>**



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO), Banco Mundial e Instituto de Estadísticas de la UNESCO.

<sup>a</sup> Se calcula el total de patentes obtenidas por cada país entre 2013 y 2015 en la USPTO respecto del promedio de su gasto en investigación y desarrollo entre 2011 y 2013, medido en millones de dólares corrientes. Se incluye un rezago temporal entre el gasto en I+D y el número de patentes otorgadas para tener presente la dinámica entre esa inversión y las patentes.

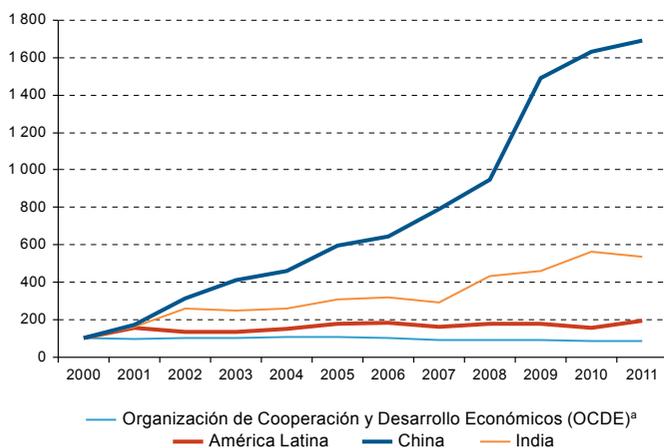
## E. La dinámica del patentamiento de la región es lenta

- Las patentes triádicas son las patentes solicitadas simultáneamente en tres de las oficinas más importantes del mundo: la estadounidense (USPTO), la europea (OEP) y la japonesa (JPO). El cómputo de las patentes triádicas es un buen indicador de las innovaciones de alcance global y atenúa el sesgo de considerar un solo mercado, como los Estados Unidos.
- Entre 2000 y 2011, el número de patentes triádicas obtenidas por los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) (excluidos Chile y México) disminuyó levemente; en cambio, ese indicador aumentó en los países que no pertenecen a ese organismo, principalmente gracias al crecimiento de China y la India. Por su parte, América Latina duplicó el número de patentes triádicas en ese lapso.
- Al comparar la dinámica del patentamiento de algunos países que tenían un nivel similar al latinoamericano a principios de la década de 2000, destaca el gran crecimiento de China en general y el incremento de la provincia china de Taiwán. Mientras aumentó la participación de América Latina en el total de solicitudes de patentes triádicas del 0,14% en 2000 al 0,30% en 2011, la de China se elevó del 0,16% al 2,90% y la de la provincia de Taiwán creció del 0,09% al 1,00%, superando la cuota de la región ya en 2006. Además, disminuyó la brecha de la región con algunos países, como España, que tuvo un pequeño aumento, y Australia, que superaba ampliamente a América Latina a principios del siglo.

■ Gráfico III.4 ■

### Patentes triádicas obtenidas, 2000-2011

(Índice 2000=100)

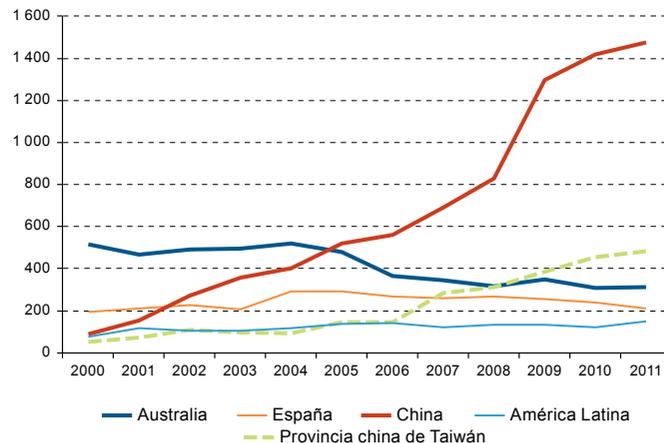


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), OECD Patent Database.

ª No se incluye a Chile ni a México.

■ Gráfico III.5 ■

### Número de patentes triádicas, 2000-2011



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), OECD Patent Database.

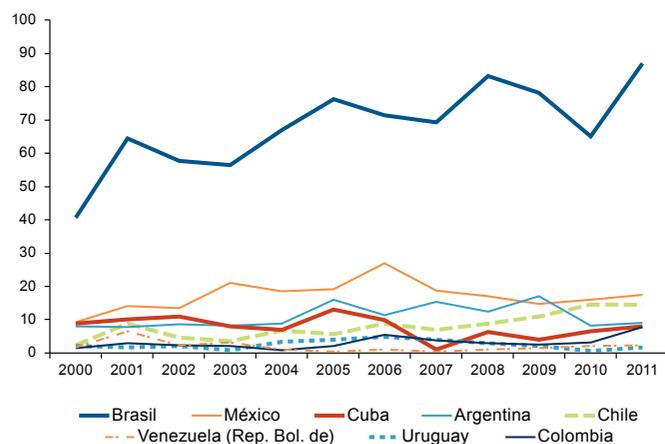
## F. El Brasil es el país latinoamericano que más patenta y el Uruguay tiene el mejor desempeño per cápita

- El Brasil, México, Chile, la Argentina, Cuba, Colombia, la República Bolivariana de Venezuela y el Uruguay son los únicos países de la región que consiguieron más de 20 patentes triádicas acumuladas en el período 2000-2011. De ellos, el Brasil concentra el 56,0% del total, México el 14,0%, la Argentina el 9,0%, Chile el 6,6% y Cuba el 6,4%.
- Al revisar el promedio de patentes triádicas por cada millón de habitantes entre 2006 y 2011, se observa que el Uruguay,

Chile y Cuba presentaron los mejores indicadores, con valores de 0,70, 0,60 y 0,46 respectivamente. El promedio de América Latina y el Caribe fue de 0,21. Las mayores variaciones con respecto al período 2000-2005 fueron la de Chile, que mejoró su posición, y la de Cuba, que perdió su liderazgo en la región. Aunque de menor magnitud, también se destaca el aumento del indicador en Colombia y su disminución en la República Bolivariana de Venezuela.

### ■ Gráfico III.6 ■

**América Latina (países seleccionados): número de patentes triádicas acumuladas, 2000-2011<sup>a</sup>**

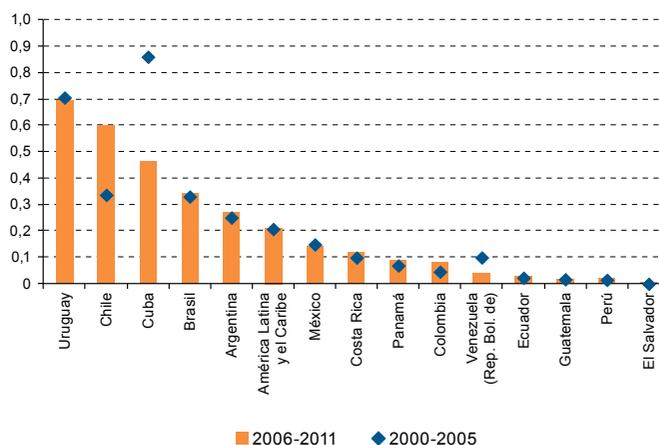


**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), OECD Patent Database.

<sup>a</sup> Según fecha de prioridad y país de residencia del inventor (recuento fraccionado). Se incluyen solo los países latinoamericanos que entre 2000 y 2011 obtuvieron más de 20 patentes acumuladas.

### ■ Gráfico III.7 ■

**América Latina y el Caribe (países seleccionados): promedio de patentes triádicas, 2006-2011 y 2000-2005<sup>a</sup>**  
(En número de patentes por millón de habitantes)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), OECD Patent Database.

<sup>a</sup> Según fecha de prioridad y país de residencia del inventor (recuento fraccionado).

## G. Las tecnologías más patentadas en la región son la farmacéutica y las de la información y las comunicaciones

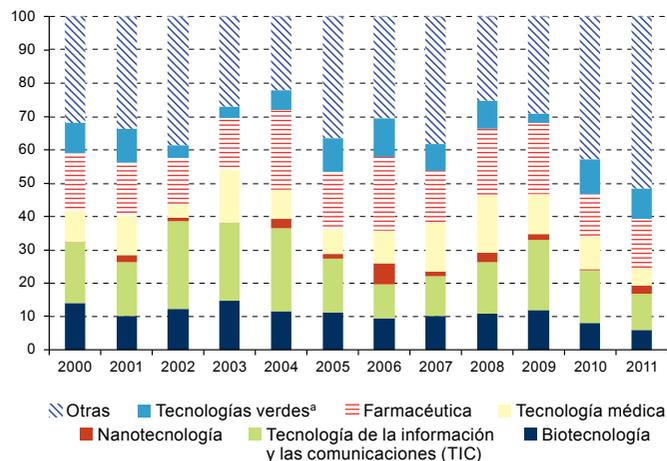
- Según datos de patentes triádicas de la Argentina, el Brasil, Chile y México, la tecnología farmacéutica es la más patentada por la región, con un 18% del total en 2006-2011, seguida por las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y las tecnologías médicas, con un 14% y un 11% respectivamente.
- Las patentes triádicas farmacéuticas de la región representan menos del 0,4% del total mundial, y las de TIC registran un porcentaje aun menor. En cuanto a las de nanotecnología,

pese a conformar solo un 3% del total conseguido por los países latinoamericanos entre 2006 y 2011, representan más del 0,4% de las patentes triádicas nanotecnológicas del mundo, convirtiéndose en la tecnología en la que la región cuenta con mayor participación.

- A pesar de estos avances y del potencial de la región, las patentes latinoamericanas siguen representando una fracción mínima del total mundial.

■ Gráfico III.8 ■

**América Latina (países seleccionados): distribución de las patentes triádicas según tecnología, 2000-2011**  
(En porcentajes)

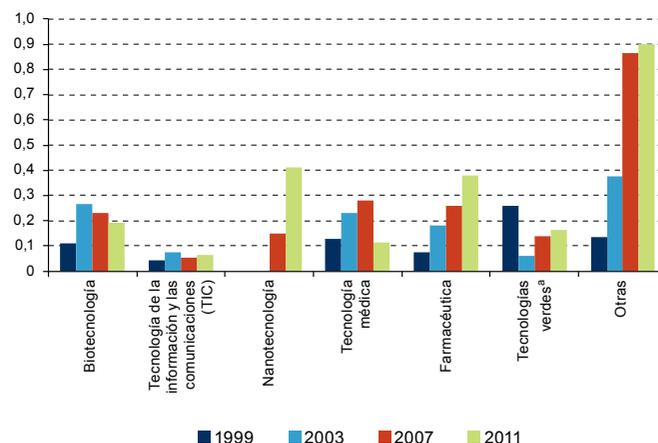


**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), OECD Patent Database.

<sup>a</sup> Las tecnologías verdes incluyen tecnologías de mitigación del cambio climático relativas a la edificación, el transporte, el agua, la generación, distribución o transmisión de energía, la captura, almacenamiento o retiro de gases de efecto invernadero y las tecnologías de gestión ambiental.

■ Gráfico III.9 ■

**América Latina (países seleccionados): distribución de patentes triádicas, según tecnología, 1999-2011**  
(En porcentajes del total mundial)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), OECD Patent Database.

<sup>a</sup> Las tecnologías verdes incluyen tecnologías de mitigación del cambio climático relativas a la edificación, el transporte, el agua, la generación, distribución o transmisión de energía, la captura, almacenamiento o retiro de gases de efecto invernadero y las tecnologías de gestión ambiental.

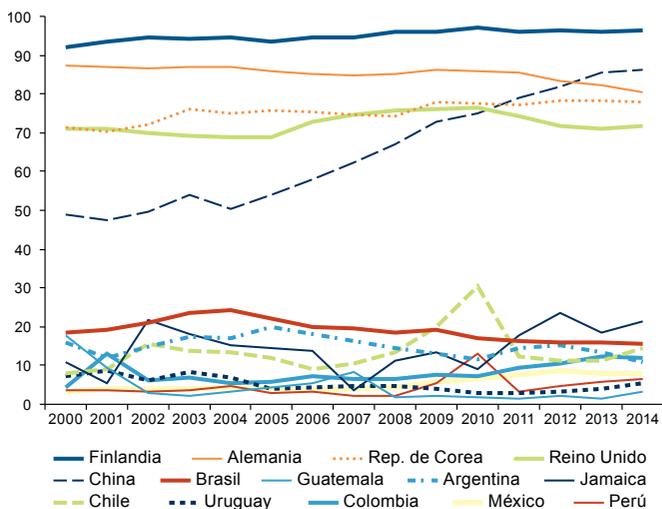
## H. En la región, los no residentes solicitan más patentes que los residentes; en las economías avanzadas, sucede lo contrario

- La distribución del patentamiento entre residentes y no residentes dentro de los países es relevante para determinar sus capacidades internas y conocer quiénes se apropian del conocimiento que se genera localmente o fuera del país, pero que se registra en él.
- En países desarrollados (Alemania, Finlandia y el Reino Unido), los solicitantes nacionales determinan la dinámica del patentamiento, y en China y la República de Corea hubo un incremento importante del número de solicitudes de residentes respecto de los no residentes. Resalta la dinámica de China, que habría cambiado su patrón de patentamiento hacia un peso mucho mayor de los residentes.
- En los países de América Latina y del Caribe, los no residentes determinan el nivel y la dinámica del patentamiento, situación que no ha cambiado en los últimos 15 años. El Brasil es el país que presenta el mayor porcentaje de solicitudes de residentes en la oficina nacional de patentes: un 19% del total en el período 2000-2014, cifra que se ha reducido en los últimos años. En otros países de la región, los porcentajes son mucho menores, con valores en torno al 4% y el 5%, por ejemplo, en Colombia, Guatemala, México, el Perú y el Uruguay.
- Los números de la región son más preocupantes si se considera lo ocurrido en otras economías emergentes, como Polonia, que, comenzado desde una posición similar a la latinoamericana, en poco más de una década ha triplicado la participación de los residentes en el total de patentes otorgadas, alcanzando los niveles de los países más avanzados tecnológicamente.

■ Gráfico III.10 ■

### Participación de residentes en las solicitudes a las oficinas nacionales de patentes, 2000-2014

(En porcentajes)



Fuente: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) [base de datos en línea] <http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/patents/>.

## I. La participación de la región en el mercado de conocimiento es marginal y se aleja del mundo desarrollado

- Existen otras variables por considerar al medir las capacidades tecnológicas de los países, que ayudan a dar un panorama más acabado de sus capacidades y de sus procesos de innovación, como también de su grado de acompañamiento al desarrollo de los paradigmas tecnoeconómicos.
  - Una de las variables que dan cuenta del avance de los países en la generación de conocimiento para el desarrollo de nuevas tecnologías son las solicitudes de patentes en el exterior.
  - En los países más avanzados, hay un aumento sustancial del número de solicitudes de patentes de residentes en el exterior, como lo muestran los datos para Alemania, China, los Estados Unidos, Finlandia, el Japón, el Reino Unido y la República de Corea.
- Diferente es el caso de los países de América Latina, donde las solicitudes de nacionales en el extranjero se mantiene en niveles muy bajos, lo que resalta la necesidad de generar los mecanismos e incentivos para fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas que permitan progresar en el desarrollo de nuevos conocimientos. Mientras que las solicitudes de patentes de los brasileños y mexicanos en el exterior entre 2000 y 2014 pasaron de 604 a 2.058 y de 340 a 951, respectivamente, las de los coreanos pasaron de 12.956 a 66.483 y las de los chinos, de 1.100 a 36.767. Esto muestra el gran crecimiento de sus capacidades para generar nuevas tecnologías y de su preparación para beneficiarse del avance tecnológico.

### ■ Gráfico III.11 ■

#### Países avanzados seleccionados: número de solicitudes de patentes, 2000-2014

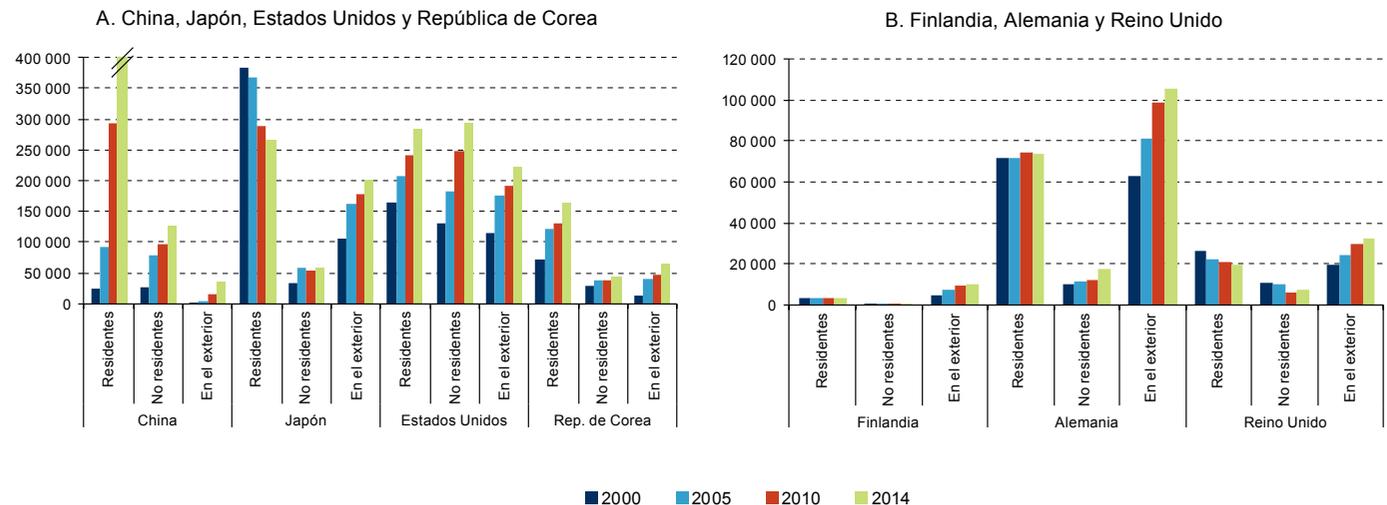
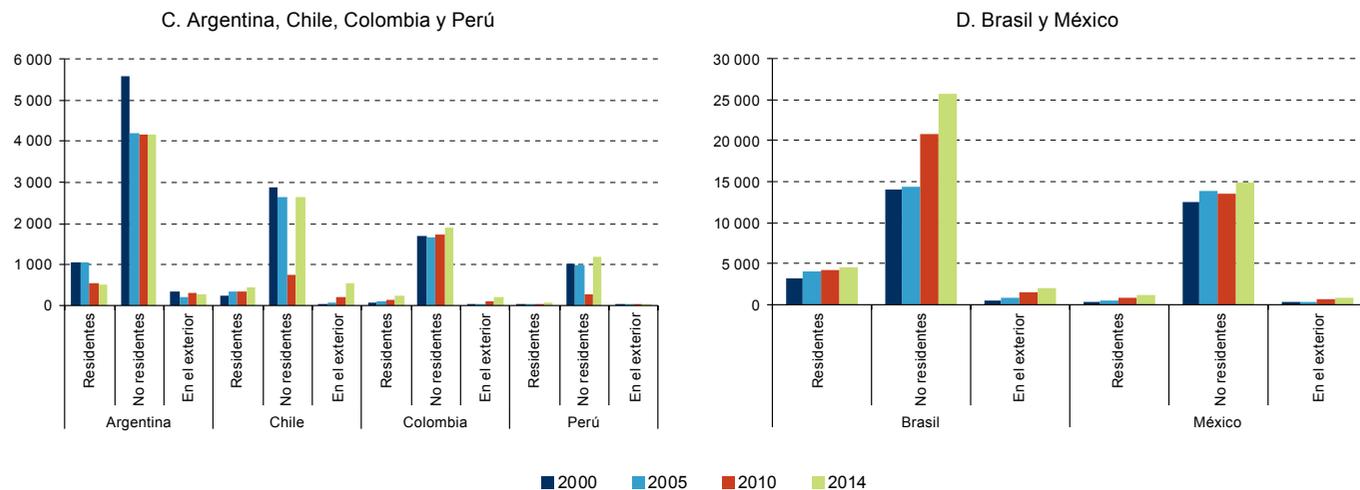


Gráfico III.11 (conclusión)



Fuente: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), [base de datos en línea] <http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/patents/>.

## IV. Recursos humanos y capacidades científicas



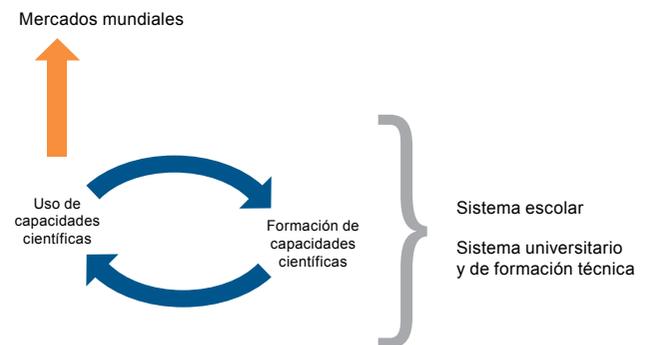
## A. Los sistemas de innovación exitosos se basan en recursos humanos altamente calificados

- El nuevo contexto de economías basadas en el conocimiento y el avance de la economía digital han puesto de manifiesto la importancia del capital humano para sustentar el dinamismo innovador de los países. La formación de capital humano avanzado es un elemento central de las estrategias de desarrollo tecnológico de los países y de las empresas, más allá de las necesidades sociales de cobertura educacional universal.
- La experiencia de los países desarrollados y de reciente industrialización pone de manifiesto que los recursos humanos y la generación de una infraestructura institucional de excelencia para la I+D de nuevos productos y servicios (el sistema nacional de investigación científica y tecnológica) son determinantes de los patrones de crecimiento económico, científico y tecnológico y de la inserción en las redes mundiales de producción y de conocimiento.
- En América Latina existe una escasez de investigadores y personal dedicado a I+D, debido a las falencias de los sistemas educativos y a la débil demanda de capacidades científicas. Los sistemas escolares de la región no producen resultados con la calidad que obtienen los países más desarrollados, lo que se suma, en algunos casos, a bajas tasas de cobertura escolar.
- Este sistema escolar frágil provee alumnos a un sistema universitario que dista de la frontera del conocimiento. Esta dinámica genera una baja tasa de estudiantes de doctorado, que es insuficiente en comparación con la de los países desarrollados. La deficiente formación de capacidades científicas y capital humano avanzado queda en evidencia cuando se revisa el uso de estas capacidades en los sistemas de innovación nacionales: su red de laboratorios es pequeña

y carecen de industrias tecnológicas competitivas a nivel mundial. Las falencias en la formación y el uso de las capacidades científicas se retroalimentan en una espiral de subdesarrollo y traban la diversificación productiva y el cambio estructural.

- Ante estas perspectivas, es fundamental mejorar las estrategias nacionales de desarrollo científico y tecnológico. Es indispensable la formulación de políticas públicas que impulsen el sistema nacional de innovación y creen el entorno y los incentivos necesarios para garantizar el desarrollo profesional de los investigadores y de las instituciones que lo constituyen. Así se apoyaría la creación del acervo de conocimientos necesarios para lograr un buen desempeño en las cadenas globales de valor de la economía del conocimiento.

■ Diagrama IV.1 ■  
Flujos de capacidades

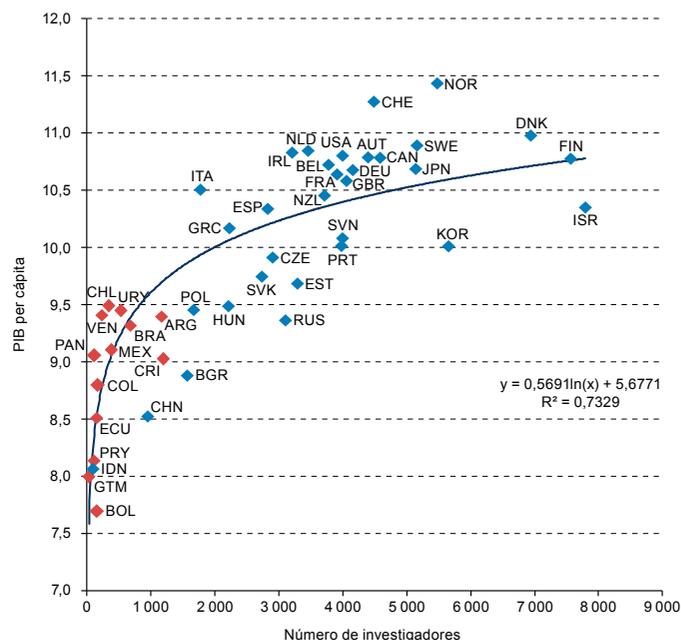


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

## B. Los recursos humanos para la innovación dependen del ingreso per habitante

- La creación de una masa crítica de investigadores dedicados a las actividades de I+D está vinculada a niveles crecientes de ingreso per cápita, como se muestra en el gráfico IV.1. Los países más innovadores, que son los que poseen mayores ingresos per cápita, tienen un mayor número de investigadores por millón de habitantes que los tecnológicamente menos dinámicos. Los países de América Latina son los que presentan el nivel más bajo de ingreso per cápita de la muestra de países y, al mismo tiempo, la menor cantidad de recursos humanos dedicados a I+D.
- Ante los nuevos paradigmas tecnológicos, como las TIC y la nanotecnología, la preocupación por la sostenibilidad y el cambio climático, y los cambios de la gestión internacional de la producción, ha aumentado la demanda de recursos humanos calificados para la investigación y el desarrollo y para la gestión empresarial en nuevas áreas del conocimiento. Al mismo tiempo, en un contexto de economías abiertas, la movilidad de talentos y el intercambio de personal especializado cobran una relevancia cada vez mayor. Disponer de una masa crítica de recursos humanos especializados es una prioridad para los países desarrollados y en desarrollo.

■ Gráfico IV.1 ■  
**Acervo de recursos humanos dedicados a la investigación y el desarrollo e ingreso per cápita, en promedio, 2009-2012**  
*(En logaritmos del PIB per cápita y número de investigadores por millón de habitantes)*



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información del Banco Mundial.

## C. La región tiene 520 investigadores por millón de habitantes

- En 2010 los países latinoamericanos tenían en promedio 520 investigadores equivalentes a jornada completa (EJC) por millón de habitantes, lo que contrastaba con la situación de los países industrializados, en los que las cifras correspondientes se ubican entre 2.000 y 8.000.
- En el gráfico IV.2, se distinguen varios grupos de países. En el primero (Bolivia (Estado Plurinacional de), Colombia, Ecuador, Guatemala, Paraguay y Panamá) había menos de 200 investigadores EJC por millón de habitantes. El Ecuador, a diferencia de los otros países mencionados, ha registrado un importante aumento del número de investigadores por millón de habitantes en la última década, pasando de 40 en 2001 a 180 en 2011. El segundo grupo posee entre 200 y 500 investigadores por millón de habitantes e incluye a Chile, México y Venezuela (República Bolivariana de). El Brasil y el Uruguay componen el tercer grupo, al ubicarse en el rango de 500 a 1.000 investigadores por millón de habitantes. La Argentina y Costa Rica son los únicos países latinoamericanos que sobrepasan el millar de investigadores EJC por millón de habitantes. Destaca

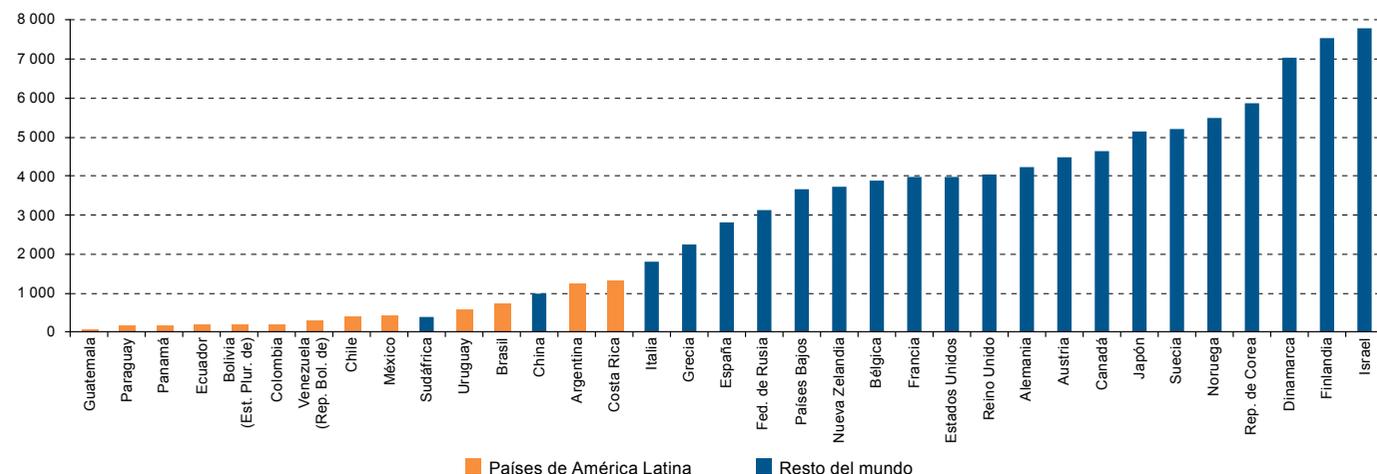
el caso de este último, que ha aumentado diez veces el número de investigadores por millón de habitantes, pasando de 130 en 2003 a 1.320 en 2011, con lo que se sitúa como el líder de la región. A pesar de esto, se encuentra por debajo de los países industrializados, incluso los más rezagados, como Italia, Grecia y España, que sobrepasan los 1.500 investigadores EJC por millón de habitantes. La mayoría de los países europeos industrializados, así como los Estados Unidos y el Japón, oscilan entre los 3.000 y 6.000 investigadores por millón de habitantes, mientras que las economías ubicadas en la frontera tecnológica, como Finlandia e Israel, sobrepasan los 7.000.

- El gráfico IV. 2 muestra la marcada heterogeneidad latinoamericana, región que abarca desde Guatemala, con 26 investigadores por millón de habitantes, hasta Costa Rica, con 1.320 investigadores. El aumento del promedio regional, de 330 a 520 investigadores por millón de habitantes entre 2010 y 2012, se debe a la dinámica de la Argentina y el Brasil, que concentran cerca de la mitad de la población y el 70% de los investigadores de América Latina.

### ■ Gráfico IV.2 ■

#### Investigadores equivalentes a jornada completa, en promedio, 2010-2012

(En número de personas por millón de habitantes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

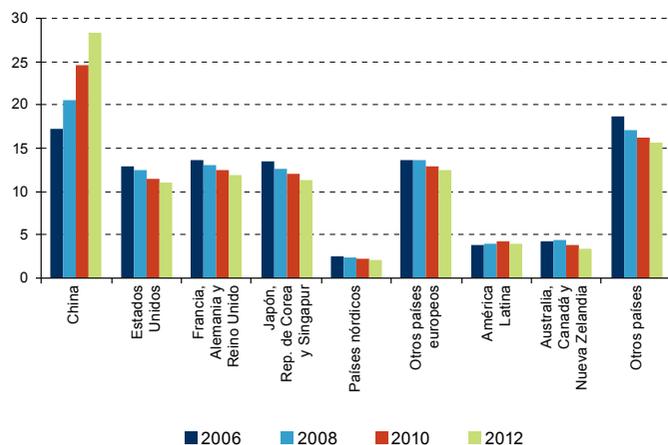
## D. La participación de la región en el total mundial de personal dedicado a la I+D es pequeña

- En 2012, había en el mundo más de 11 millones de investigadores equivalentes a jornadas completas dedicadas a la I+D. Las estrategias de desarrollo basadas en la innovación y el conocimiento, y la demanda de recursos humanos especializados en ciencia y tecnología explican el número de recursos humanos dedicados a la investigación. Por eso, los países con mayor número de investigadores en términos absolutos son China y los Estados Unidos, seguidos por los de la Unión Europea, el Japón y la República de Corea.
- China y la India han aumentado considerablemente el número de investigadores. El primero, que lo elevó de 1,5 millones en 2006 a 3,2 millones en 2012, cuenta con más de la cuarta parte del personal dedicado a la investigación del mundo. La mayoría de los grupos de países avanzados que aparecen en el gráfico IV.3 ha aumentado el número de investigadores en este período, pero a una velocidad inferior a la de estos países emergentes, por lo que han perdido peso relativo.
- La participación de América Latina en el total mundial se mantiene estable, en alrededor de un 4%, gracias al aumento de la participación del Brasil. Este país ha registrado un incremento constante de esa variable desde principios de la década de 2000, hasta superar los 250.000 investigadores (alrededor de un 60% del total de la región). El segundo mayor aporte es de México, seguido por la Argentina y Chile. El Ecuador ha triplicado el número de investigadores en los últimos años y ahora posee a un 1% de los investigadores de la región. Muchos países, como Colombia, Cuba, el Perú, el Uruguay y Venezuela (República Bolivariana de), carecen de datos sobre esta variable.
- Dos factores que determinan la disponibilidad de recursos humanos dedicados a la investigación son las capacidades del sistema educativo (la calidad y cobertura de los sistemas escolares y de educación superior) y de los centros de investigación de los ecosistemas de innovación nacionales.

■ Gráfico IV.3 ■

### Distribución mundial del personal dedicado a la investigación y el desarrollo según grupos de países, 2006-2012

(En porcentajes)

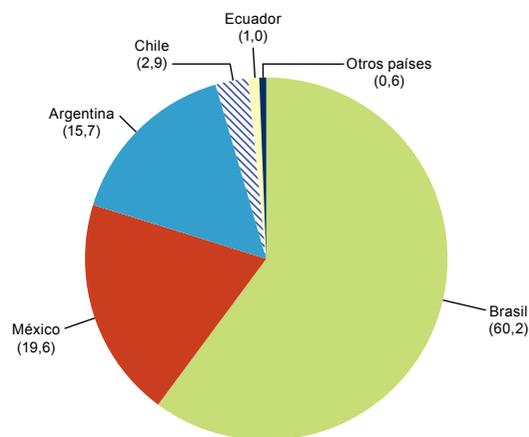


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos del Instituto de Estadística de la UNESCO.

■ Gráfico IV.4 ■

### América Latina: distribución del personal dedicado a la investigación y el desarrollo, en promedio, 2009-2012

(En porcentajes)



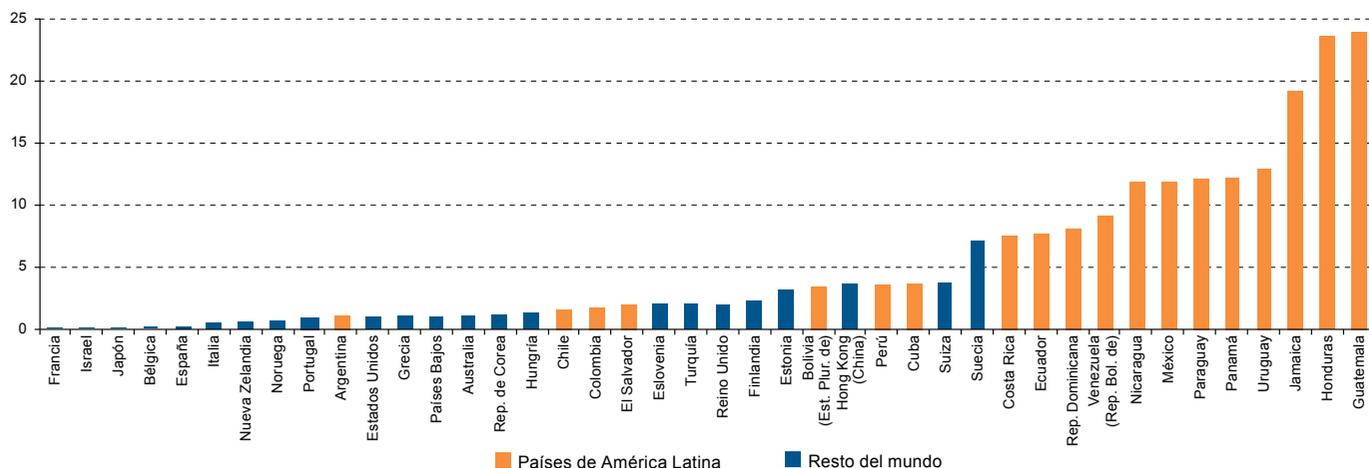
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos del Instituto de Estadística de la UNESCO.

## E. Muchos países latinoamericanos tienen una elevada deserción escolar

- La calidad y cantidad de los investigadores depende de su trayectoria educacional, desde la educación básica hasta la formación de posgrado. El primer eslabón, la educación básica, debe tener la tasa de cobertura y la calidad suficientes para asegurar que las universidades y las escuelas de posgrado dispongan de un número adecuado de alumnos y de las capacidades necesarias para formar investigadores. En este sentido, los países de la región presentan un fuerte rezago que es urgente superar.
- En el gráfico IV.5, se muestra la tasa de adolescentes en edad de cursar el primer ciclo de educación secundaria que no asisten a la escuela. La Iniciativa Mundial sobre los Niños Sin Escolarizar considera que los niños con dos años o más de rezago están en riesgo grave de exclusión escolar.
- Los países avanzados tecnológicamente, como Francia, Israel y el Japón, aprovechan todos sus recursos humanos: todos los adolescentes cursan estudios secundarios. La Argentina, Chile y Colombia han hecho esfuerzos por mejorar su cobertura escolar y han alcanzado tasas de entre el 1% y el 2%, al igual que países desarrollados como Australia y los Estados Unidos. Por otra parte, Bolivia (Estado Plurinacional de), Cuba y el Perú tienen porcentajes levemente superiores, pero que se mantienen bajo el 5%. El resto de los países latinoamericanos registra una tasa mayor: es sorprendente que incluso en países que han superado largamente los niveles más bajos del subdesarrollo, como México o el Uruguay, uno de cada diez adolescentes no asista a la escuela. El caso de Honduras y Guatemala es dramático: un cuarto de los adolescentes no están incorporados al sistema escolar.
- El patrón mostrado en el gráfico sirve de base de lo que se revisará más adelante sobre la tasa de matrícula en la educación superior, ya que los escolares que no terminen su educación secundaria no podrán acceder a ese nivel.

### ■ Gráfico IV.5 ■

**Tasa de adolescentes en edad de cursar el primer ciclo de educación secundaria fuera del sistema escolar, en promedio, 2009-2013**  
(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos del Instituto de Estadística de la UNESCO.

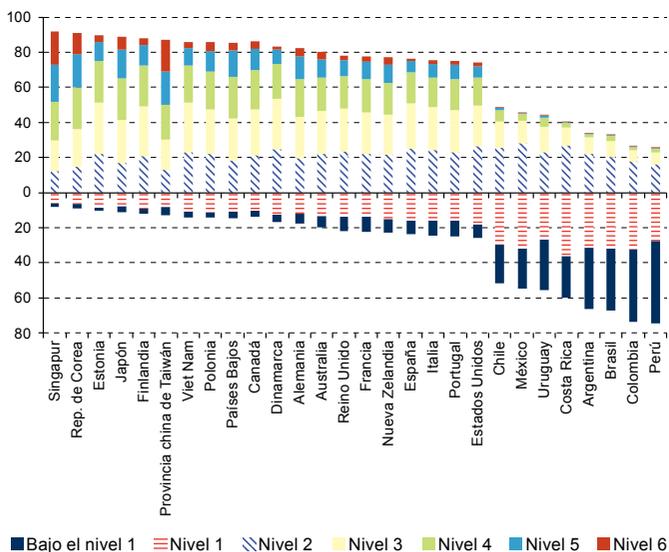
## F. Los resultados del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) reflejan la baja calidad de la formación escolar

- En los países latinoamericanos, la calidad de la enseñanza dista del nivel alcanzado en las economías desarrolladas. El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de la OCDE evalúa los resultados del proceso de aprendizaje mediante la medición de los conocimientos y habilidades adquiridos por los alumnos para su plena participación en la sociedad del conocimiento. En las pruebas de matemáticas y de ciencias, los alumnos de la región tienen malos resultados, en especial cuando se los compara con los de las economías emergentes del este de Europa o del sudeste asiático, que superan los resultados Alemania y el Reino Unido.
- Estonia, Viet Nam y Polonia se sitúan entre los países con mejores resultados, junto con el Japón, Finlandia, la República Corea y el Canadá, que tradicionalmente se han caracterizado por considerar la excelencia en la formación científica como una prioridad nacional. El magro desempeño de los países de la región es un obstáculo para lograr una trayectoria educativa de excelencia. Es necesario que los países sigan mejorando la cobertura educacional y que prioricen el aumento de la calidad de la enseñanza.

■ Gráfico IV.6 ■

**Distribución de los estudiantes según nivel alcanzado en el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de matemáticas, 2012**

(En porcentajes)

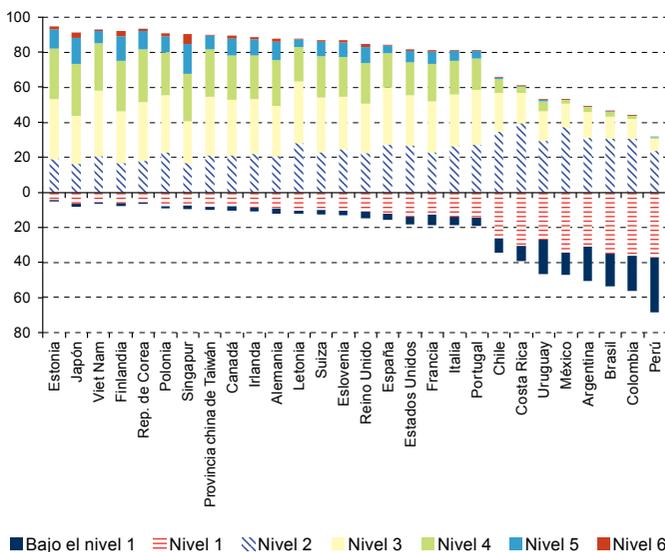


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA).

■ Gráfico IV.7 ■

**Distribución de los estudiantes según nivel alcanzado en el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de ciencias, 2012**

(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA).

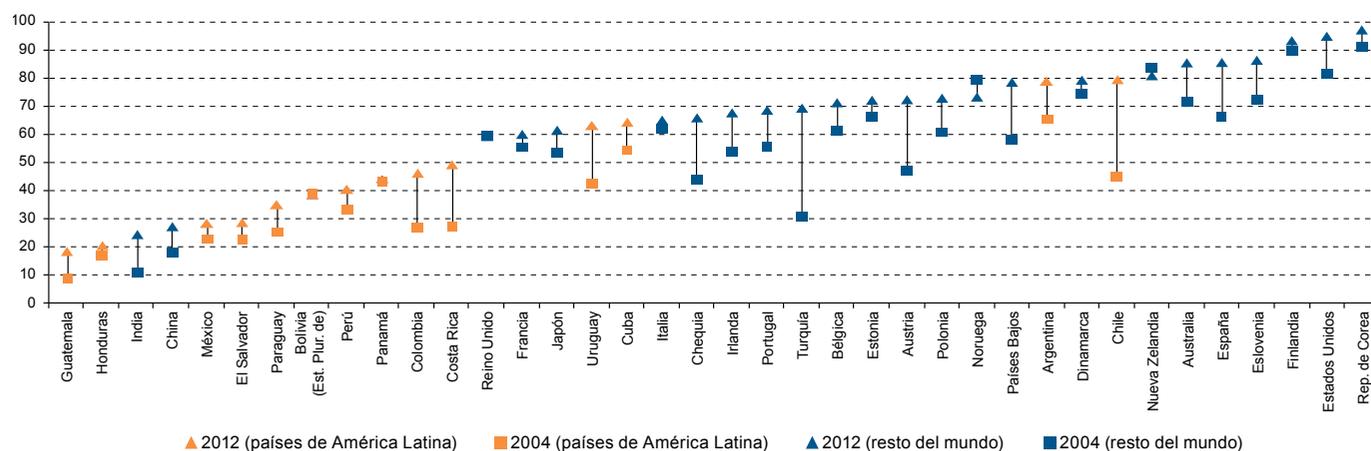
## G. Pocos países de la región tienen una adecuada tasa de matrícula en educación superior

- En países en que la mayoría de los estudiantes no recibe una formación universitaria, se reducen los potenciales estudiantes de posgrados orientados a la I+D, con la consiguiente insuficiencia de recursos humanos para actividades científicas y tecnológicas. La tasa bruta de matrícula en educación terciaria mide el flujo de jóvenes que ingresan en la educación superior respecto del total de jóvenes de su misma edad. En la región, la tasa de matrícula promedió el 43% en 2012.
  - Los países de la región se dividen en cuatro grupos. El primero corresponde a aquellos que tienen una tasa de matrícula superior al 75% (Argentina y Chile), es decir, niveles similares a Australia o Dinamarca. El segundo grupo presenta tasas brutas de matrícula de entre el 50% y el 75% (Cuba y Uruguay), comparables a las de Francia o el
- Japón. El tercer grupo registra tasas de entre el 25% y el 50%, mucho más bajas que las de los países industrializados, e incluye a Costa Rica, Colombia, Panamá, el Perú, el Estado Plurinacional de Bolivia y el Paraguay. Finalmente, el grupo con tasas inferiores al 25% comprende a El Salvador, México, Honduras y Guatemala.
- Los países de la región han aumentado sus tasas de matrícula entre 2004 y 2012, destacándose Chile, con un aumento de 34 puntos porcentuales, y Costa Rica, Colombia y el Uruguay, con incrementos de más de 20 puntos.
  - Aumentar la cobertura educacional en el nivel terciario y fomentar la creación de centros de formación superior de excelencia deben ser prioridades en todos los países de la región, pues de este modo se podrán crear las bases para una participación más equitativa en la economía del conocimiento.

### ■ Gráfico IV.8 ■

#### Evolución de la tasa bruta de matrícula en educación terciaria, 2004-2012

(En porcentajes)

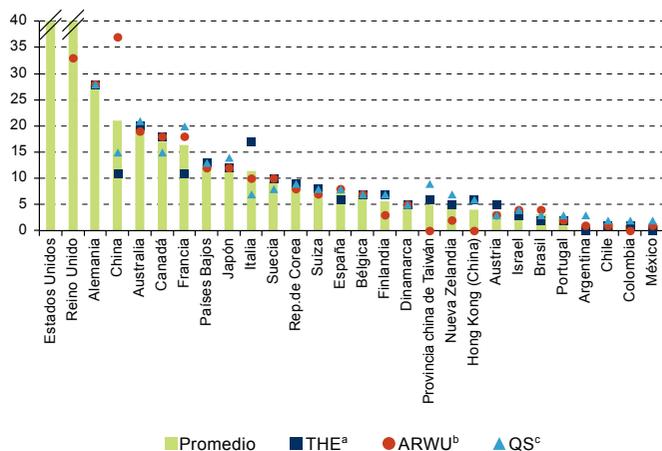


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos del Instituto de Estadística de la UNESCO.

## H. Solo el 2% de las mejores universidades del mundo son latinoamericanas

- Al analizar el sistema nacional de innovación y los recursos humanos disponibles para la investigación, se debe considerar, además de la tasa de jóvenes que acceden a la educación superior, la calidad de las instituciones del sector académico que realizan I+D y forman investigadores y personal técnico y científico. Los países líderes en capacidades tecnológicas e innovadoras son también los que tienen el mayor número de universidades de excelencia a nivel mundial.
- Los indicadores que evalúan la calidad de las instituciones académicas se basan en el número e impacto de las publicaciones indexadas, la cantidad de alumnos que han recibido premios Nobel u otros galardones, o la cantidad de académicos con doctorado. En el gráfico IV.9 se muestran resultados de tres clasificaciones prestigiosas: el Times Higher Education (THE), el *ranking* QS y el Academic Ranking of World Universities (ARWU) de la Universidad de Shanghai.
- Según el promedio de estas clasificaciones, cerca de 100 de las 400 mejores universidades del mundo se encuentra en los Estados Unidos, y 40 en el Reino Unido, las que en conjunto representan un 36% del total, frente a un 32% en el resto de Europa y un 19% en otros países industrializados. América Latina tiene un 2% de las mejores universidades, con un promedio de 8 universidades, entre 4 y 12 según diferentes clasificaciones.
- El Brasil es el país mejor posicionado en la región, con tres universidades, seguido por la Argentina, Chile, Colombia y México, con un promedio de solo una universidad dentro de las 400 mejores. El hecho de que la mayoría de las universidades de la región se concentren en los últimos 200 puestos resalta la necesidad de aumentar la calidad de las instituciones de formación superior.

■ Gráfico IV.9 ■  
Número de universidades ubicadas entre las 400 mejores del mundo según clasificaciones internacionales, 2015



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Center for World-Class Universities (CWCU), Shanghai Jiao Tong University, Academic Ranking of World Universities (ARWU); QS World University Rankings® y TES Global, Times Higher Education World University Rankings.

<sup>a</sup> Times Higher Education World University Rankings.

<sup>b</sup> Academic Ranking of World Universities.

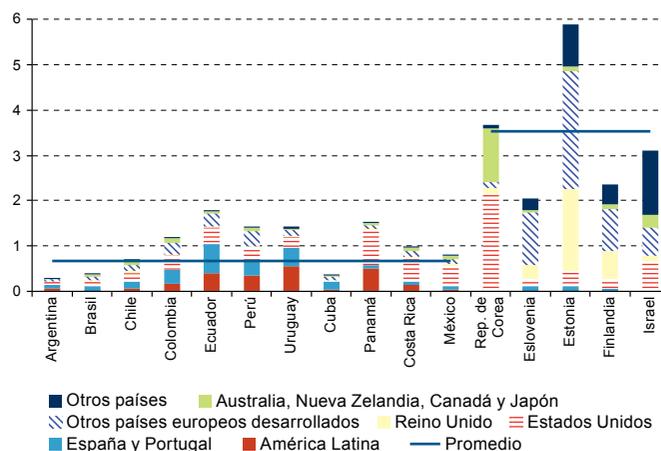
<sup>c</sup> QS World University Rankings®.

## I. Solo el 0,7% de los alumnos de educación superior realiza estudios en el exterior

- Los países que intenten acercarse a la frontera del conocimiento deben propiciar la formación y el perfeccionamiento de sus científicos en universidades de excelencia a nivel mundial.
- En el gráfico IV.10, se compara un grupo de economías pequeñas y medianas con alta inversión en I+D (Eslovenia, Estonia, Finlandia, Israel y República de Corea) con un grupo de países latinoamericanos. En los países con fuerte inversión en I+D, un alto porcentaje de alumnos de educación terciaria estudia en el exterior (un 3,5% en promedio). Destaca Estonia, que bordea el 6%. Los principales destinos de estos alumnos son los Estados Unidos, el Reino Unido y otros países europeos desarrollados.
- En los países latinoamericanos considerados, solo el 0,7% de los estudiantes realizan estudios de especialización en el exterior. Dentro de la región, existen tres grupos. El primero (Argentina, Brasil y Chile) tiene tasas bajas de estudiantes en el extranjero y los principales destinos son países de la región y los Estados Unidos. El segundo grupo está compuesto por los países centroamericanos y México, que registran una tasa de alrededor del 1% y cuyo destino predominante son los Estados Unidos. Finalmente, Colombia, el Ecuador, el Perú y el Uruguay tienen tasas de estudio en el extranjero superiores al 1%, siendo los destinos principales España, Portugal y otros países de la región.
- Los países latinoamericanos deben mejorar sus estrategias de formación de capital humano avanzado mediante

una mayor inserción de sus estudiantes en centros de formación de excelencia, lo que les permitiría aumentar el conocimiento sobre los avances científicos y tecnológicos y desarrollar redes de contactos para avanzar en la generación de innovaciones.

■ Gráfico IV.10 ■  
Tasa de alumnos de educación superior que estudian en el extranjero según país de destino, 2012  
(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos del Instituto de Estadística de la UNESCO.

## J. Una fracción ínfima de jóvenes cursa estudios doctorales

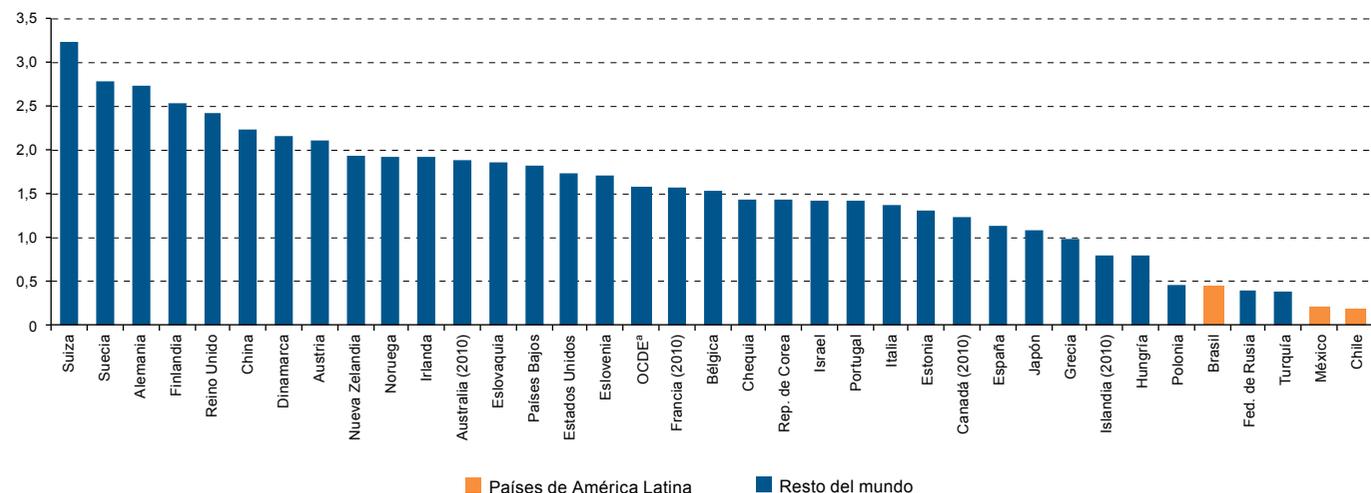
- El déficit de personal calificado para actividades de I+D queda en evidencia al revisar la tasa de graduación a nivel doctoral como porcentaje de la población que tiene la edad de referencia de la cohorte. Incluso el Brasil, México y Chile tienen tasas bajísimas, inferiores al 0,5%, mucho más bajas que las de los países avanzados tecnológicamente.
- Este déficit es producto de las bajas capacidades de los sistemas educativos de América Latina. La cobertura del sistema escolar es dispar entre los países de la región y especialmente baja en los países centroamericanos. La calidad de la educación escolar, medida por el PISA, muestra fuertes rezagos con respecto a los países tecnológicamente avanzados. La matrícula de la educación superior es reducida en la mayoría de los países, y solo la Argentina y

Chile alcanzan los niveles de los países industrializados. En general, los alumnos de educación superior no tienen acceso a universidades de excelencia. El Brasil y, en menor medida, la Argentina, Chile, Colombia y México, tienen unas pocas universidades que se ubican entre las mejores del mundo. La estrategia seguida por los países con alta inversión en I+D que no disponen de universidades de excelencia es que sus estudiantes reciban formación en aquellos países que son potencias tecnológicas y científicas. Pocos latinoamericanos estudian en los países industrializados, pese a que varios países de la región tienen programas de becas para ese fin. Este cuadro de falencias en el sistema educativo es la causa de la baja tasa de formación de doctores y de la escasez de investigadores.

### ■ Gráfico IV.11 ■

#### Tasa de graduación a nivel doctoral, 2011

(En porcentajes de la población según cohorte de referencia)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013*.

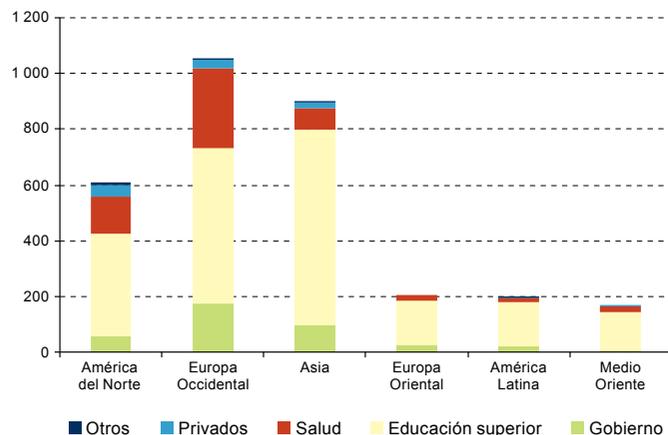
<sup>a</sup> Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos.

## K. En la región, hay pocos laboratorios reconocidos internacionalmente

- Los científicos necesitan puestos de trabajo donde puedan desempeñar las funciones para las cuales se formaron, en caso contrario, se perderá la inversión en capital humano avanzado y surgirán problemas como la fuga de cerebros: jóvenes que estudian en el exterior y no retornan a sus países de origen.
- La base de datos Scimago Institutions Rankings contiene una clasificación de instituciones científicas que incluye a laboratorios médicos, estatales, empresariales y universitarios de todo el mundo, a partir de la información compilada sobre instituciones que hayan publicado, en el año anterior al período evaluado, al menos 100 documentos científicos (artículos, revisiones, cartas o documentos de conferencias, entre otros) indexados en la base de datos Scopus de Elsevier. Esas instituciones (que en 2010 sumaron 3.290 en todo el mundo) se analizan según indicadores de producción científica, colaboración internacional, impacto, calidad, especialización

■ Gráfico IV.12 ■

**Número de laboratorios con más de 100 publicaciones científicas según región y tipo de laboratorio, 2010**



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de Scimago Institutions Rankings, "World Report 2012: Global Ranking" [en línea] <https://www.upjs.sk/public/media/7379/sir-2012-world-report.pdf>.

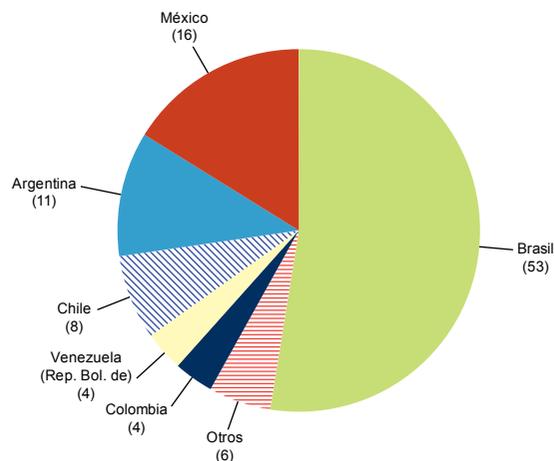
y liderazgo científico de las publicaciones. De América Latina, aparecían 198 laboratorios en esta base en 2010, un tercio de los correspondientes a América del Norte. De los países de Europa Occidental, más de 1.000 laboratorios estaban en esta clasificación, mientras que los asiáticos alcanzaban los 900, gracias a la contribución de China, la India, el Japón y la República de Corea. En América Latina, como en el resto del mundo, la mayoría de los laboratorios con publicaciones científicas dependen de universidades, aunque en los países avanzados los laboratorios ligados a centros de salud y al gobierno también son importantes.

- Un 52% de los laboratorios de América Latina se ubican en el Brasil, que cuenta con 104. Le sigue México, con 32 y una participación del 16%, y la Argentina, Chile, Colombia y Venezuela (República Bolivariana de). Los restantes países cuentan con muy pocos laboratorios que publiquen un número relevante de documentos científicos indexados.

■ Gráfico IV.13 ■

**América Latina: participación de laboratorios con más de 100 publicaciones científicas, 2010**

(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de Scimago Institutions Rankings, "World Report 2012: Global Ranking" [en línea] <https://www.upjs.sk/public/media/7379/sir-2012-world-report.pdf>.

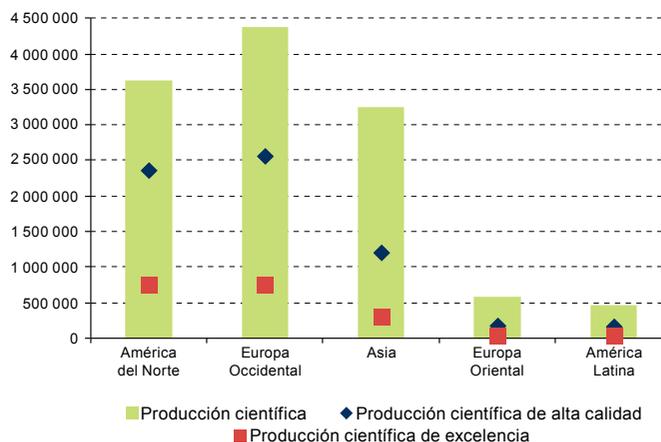
## L. La producción científica es pequeña y su calidad no compete con la de los países avanzados

- Para integrar eficazmente a los nuevos científicos en el ecosistema nacional de innovación, debe existir un número adecuado de laboratorios con alta calidad de producción científica, que les permita mantenerse en posiciones de liderazgo, desarrollar patentes o generar hallazgos que deriven en productos y procesos innovadores.
- La producción científica de los laboratorios de la región se puede estimar contabilizando los documentos publicados entre 2006 y 2010 en Scopus por las instituciones recopiladas en la base Scimago Institutions Rankings. América del Norte supera la producción científica de Asia, pese a contar con menos instituciones de investigación, al tiempo que Europa Occidental es la región con mayor número de publicaciones. América Latina tiene un número de laboratorios equivalente a un tercio de los existentes en América del Norte, pero su producción no alcanza a representar una séptima parte de la de esta.
- Considerando el número de documentos publicados en las revistas académicas más influyentes del mundo, es decir, las ubicadas en el primer cuartil (25%) de su categoría según la clasificación de Scimago Journal Rank, es posible medir la calidad de las publicaciones científicas. Una gran proporción de las publicaciones de América del Norte se concentra en estas revistas, lo que la acerca al nivel de Europa Occidental, líder mundial en calidad de las publicaciones. Las publicaciones latinoamericanas representan solo el 2,5% de los artículos que aparecen en las mejores revistas del mundo.
- Una medida más exigente, que considera publicaciones de excelencia a las incluidas en el 10% de las más citadas en sus respectivos campos científicos, da indicios de qué regiones están en la frontera del conocimiento mundial. Según este indicador, América del Norte ocupa el primer lugar, superando

a Europa Occidental. En cambio, la producción científica de excelencia en América Latina es marginal.

- En conclusión, América del Norte tiene una posición de liderazgo mundial en cuanto a excelencia y calidad científica, a pesar de que su número de instituciones de investigación es menor que el de Europa Occidental o el de Asia. Las diferencias entre América Latina y los países avanzados son grandes cuando se mide el número de instituciones de investigación de cada región; la brecha se acentúa al contabilizar el volumen de producción científica y empeora aún más al evaluar la calidad de esta producción. Esto demuestra que la escasez de recursos humanos altamente especializados en la región tiene importantes consecuencias negativas para su producción científica y tecnológica.

■ Gráfico IV.14 ■  
Producción de publicaciones científicas, 2006-2010



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de Scimago Institutions Rankings, "World Report 2012: Global Ranking".

## V. Las nuevas tecnologías y la revolución digital: claves para el desarrollo



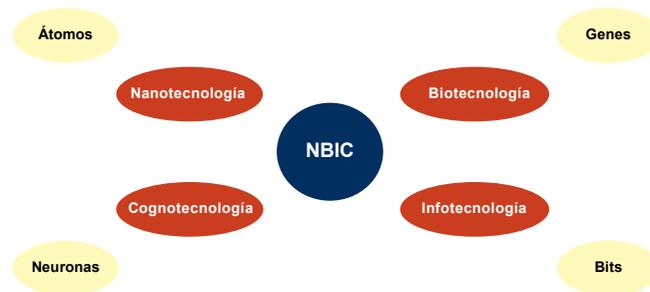
## A. La nueva revolución tecnológica se centra en la convergencia NBIC

- La actual revolución tecnológica se basa en la capacidad de entender la estructura y el comportamiento de la materia desde los elementos y escalas más elementales hasta su agregación en estructuras y sistemas complejos.
- Sobre esta base, se constituyen las plataformas científico-tecnológicas de la convergencia NBIC: la nanociencia y la nanotecnología, las ciencias de la vida y la biotecnología, las ciencias y tecnologías de la información y las comunicaciones, y las ciencias cognitivas y tecnologías relacionadas.
- Del concepto de convergencia NBIC se ha avanzado al de convergencia CTS (conocimiento, tecnología y sociedad), definida como una interacción cada vez más intensa y transformadora entre disciplinas científicas, tecnologías, comunidades y dominios de la actividad humana para lograr compatibilidad, sinergia e integración mutua y, mediante este proceso, crear valor y diversificarse.
- La convergencia CTS es importante para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible por sus efectos en la salud humana, la comunicación y el conocimiento, la productividad y los logros sociales, la educación y la infraestructura física, la

sociedad y la sostenibilidad, y la posibilidad de alcanzar una gobernanza social innovadora y responsable. Por ejemplo, las interacciones entre las plataformas de escala humana (sistemas alimentarios locales), de escala global (ciclo del agua, ciclo del nitrógeno, clima) y de escala NBIC (mejoramiento genético, monitoreo fenológico) tienen implicaciones significativas en la lucha contra el hambre.

### ■ Diagrama V.1 ■

#### Convergencia de las trayectorias tecnológicas



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

## B. La universalización de la economía digital y la revalorización de la manufactura

- En la manufactura avanzada del siglo XXI convergen los mundos digital y físico: el *hardware* avanzado se combina con el *software* avanzado, los sensores y la analítica de grandes datos, y se traduce en productos y procesos inteligentes, con mayor interacción de los consumidores con los proveedores y los fabricantes.
- En la actualidad, la mayor transformación de la economía tiene lugar en los modelos de negocios basados en la Internet de las cosas. Los principales avances se observan en las áreas de la salud (aplicaciones de monitoreo, dispensadores de medicina y telemedicina), la industria manufacturera (robotización, fabricación avanzada y servicios máquina a máquina (M2M) de próxima generación), la energía, el transporte, los recursos naturales y las redes eléctricas inteligentes. Los patrones de consumo y producción cambian rápidamente, lo que presenta desafíos para la región, en particular porque la producción de nuevas tecnologías es fundamentalmente exógena.
- La implementación de la Internet de las cosas tiene efectos disruptivos en todos los sectores, haciendo que las fronteras entre industrias y mercados se modifiquen rápidamente ante la emergencia de productos inteligentes y sistemas ciberfísicos de producción.
- Hay una revalorización del papel de las manufacturas, por su capacidad de combinación con los servicios digitales: la manufactura avanzada está revolucionando el sector al elevar su contenido de conocimientos, flexibilidad y potencial competitivo.
- Para ello, los líderes mundiales han fortalecido sus políticas industriales y tecnológicas, como lo demuestran las

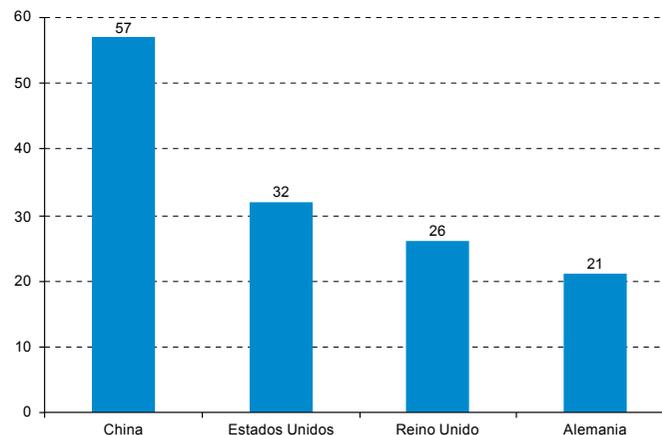
estrategias para un mayor desarrollo industrial aplicadas recientemente: Industria 4.0 en Alemania, Manufactura Avanzada en los Estados Unidos o Made in China 2025, entre otras.

- Si bien las estrategias Industria 4.0 y Manufactura Avanzada permiten obtener importantes ganancias de competitividad para el sector manufacturero, el bien potencial que se pueda obtener dependerá de la preparación de los países para su adopción, tema en el que, al parecer, China posee cierta ventaja frente a sus competidores más cercanos (Alemania, Estados Unidos y Reino Unido).

### ■ Gráfico V.1 ■

#### Madurez en la implementación de la estrategia Industria 4.0

(En porcentajes de encuestados que consideran que el país está preparado para la adopción temprana de la estrategia)



Fuente: Infosys [en línea] [www.infosys.com](http://www.infosys.com).

## C. La Internet de las cosas y la revalorización de la manufactura requieren un mayor compromiso con la innovación

- En muchas industrias, la inversión en I+D es un factor esencial para el desarrollo de nuevos productos y la competitividad; por ello, gastan grandes sumas en esa área y en actividades relacionadas.
- En el mundo, seis sectores representan más del 50% del total invertido en I+D: las tecnologías de digitales, las ciencias de la vida (que incluyen la farmacéutica, la biotecnología y los instrumentos médicos, entre otros), la química y los nuevos materiales, la tecnología aeroespacial y de defensa, los automóviles y el sistema de transporte, y el sistema energético. Todos tienen un comportamiento muy dinámico en términos de innovación.
- Ante el avance de la manufactura avanzada y de la Internet de las cosas, en los últimos años se han experimentado grandes cambios en estos sectores y en las tecnologías que utilizan y desarrollan, así como en la concentración del mercado.
- Algunos de los cambios más importantes vinculados al avance tecnológico se relacionan con la continuidad de la revolución de las tecnologías digitales y las nanotecnologías (en el gráfico V.1 se identifican las principales tecnologías que serán importantes en 2018 según encuestas realizadas a especialistas).

■ Gráfico V.2 ■

### Principales tecnologías previstas, 2018

(En porcentajes de la importancia asignada por los investigadores encuestados)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de Industrial Research Institute.

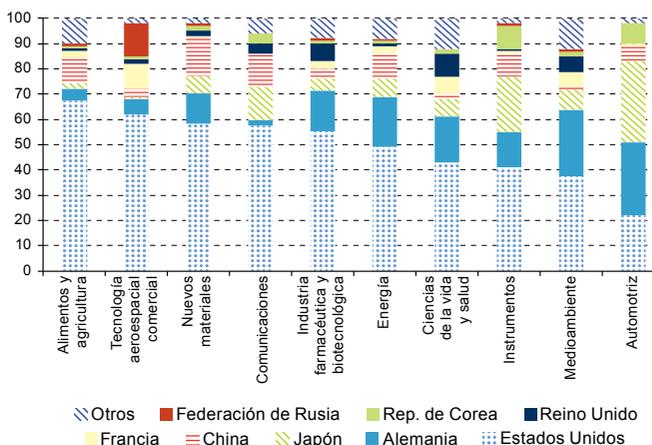
## D. A pesar del avance de China, los Estados Unidos continúan liderando las nuevas tecnologías

- En los últimos 20 años, el número de investigadores y la inversión en investigación y desarrollo en el mundo han tenido un crecimiento exponencial. Esto ha permitido grandes avances en materia de capacidades y generación de nuevos conocimientos, tecnologías e innovaciones.
- En este contexto, han surgido nuevos protagonistas en los diferentes tipos de tecnología. Es el caso de China en las áreas de nuevos materiales, comunicaciones y energía que, si bien aún representan un bajo porcentaje del total, han tenido un comportamiento muy dinámico.
- Sin embargo, los Estados Unidos sigue siendo el país que más invierte en casi todas las tecnologías. En particular, supera el 50 % del gasto en I+D en alimentos, tecnología aeroespacial, nuevos materiales, comunicaciones y farmacéutica y biotecnología. Asimismo, lidera en muchas otras áreas tecnológicas, excepto en la industria automotriz, donde predominan el Japón y Alemania.

■ Gráfico V.3 ■

**Países líderes en sectores tecnológicos: distribución de la inversión en investigación y desarrollo en el total mundial, por sector tecnológico, 2014**

(En porcentajes)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de Industrial Research Institute, 2016.

## E. La masificación de la digitalización ha permitido el surgimiento de “unicornios” en la industria digital, que están cambiando el panorama económico y social del mundo

- Los nuevos emprendimientos de base tecnológica tienen el potencial de contribuir al cambio estructural y la generación de actividades intensivas en conocimiento. Hoy en día se utiliza el término “unicornio” en la industria digital para indicar nuevas empresas tecnológicas valoradas en más de 1.000 millones de dólares; entre los muchos ejemplos de este tipo de iniciativas, se incluyen casos como Facebook, Uber y Spotify.
- Los Estados Unidos lidera esta industria, concentrando el 65% de este tipo de empresas; le siguen en importancia China, la India, el Reino Unido, Singapur, Suecia, Alemania, el Canadá, la República de Corea, la Federación de Rusia y Chequia. En conjunto, estos países reúnen el 97% de las empresas emergentes.
- Al revisar este indicador por ciudad, se observa claramente la concentración de los conglomerados tecnológicos; en los Estados Unidos, Silicon Valley encabeza la lista (39%), seguida por

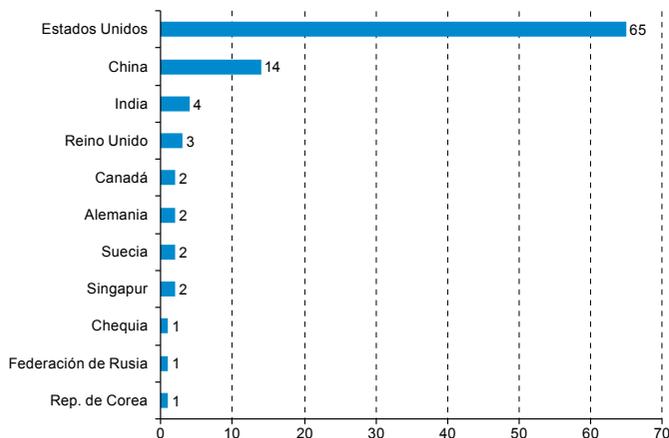
Nueva York (9%), Los Ángeles (5%), Boston (4%), Provo (2%), Chicago (1%) y Jacksonville (1%). Otras ciudades importantes en el mundo son Beijing (6%), Shanghái (China) (3%), Londres (2%), Singapur (2%), Estocolmo (2%), Berlín (2%), Hangzhou (China) (2%), Nueva Delhi (1,7%), Seúl (1,5%), Shenzhen y Hong Kong (China) (1,4%), Bombay (India) (1,4%), Cantón (China) (1,1%), Bangalore (India) (1,1%), Moscú (1%) y Praga (1%).

- Si bien el tamaño del país tiene una relación importante con el valor del emprendimiento tecnológico, no explica este comportamiento en su totalidad, ya que existen países de menor tamaño que también se destacan, como Suecia y Singapur.
- Los “unicornios”, que están modificando la forma en que el mundo se relaciona en todas sus dimensiones (sociales económicas y políticas), son factores fundamentales que deben tenerse en cuenta en las estrategias de desarrollo de los países.

### ■ Gráfico V.4 ■

#### Clasificación de países según la proporción de empresas de base tecnológica valoradas en 1.000 millones de dólares, 2014-2015

(En porcentajes del número total de empresas)

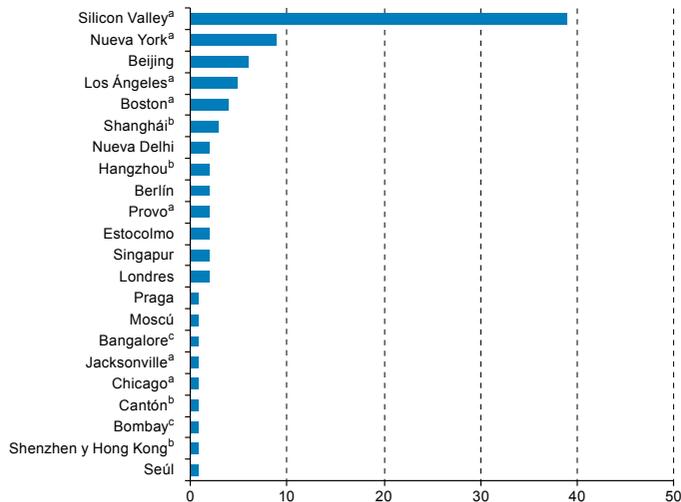


Fuente: G. Tellis, “2016 Startup Index of Nations, Cities: (Startups Worth \$1 Billion Or More: “Unicorns””, 2016 [en línea] <https://www.marshall.usc.edu/sites/default/files/PDF/Unicorn-Index-Report-GT17.pdf>.

### ■ Gráfico V.5 ■

#### Clasificación de ciudades según la proporción de empresas de base tecnológica valoradas en 1.000 millones de dólares, 2014-2015

(En porcentajes del número total de empresas)



Fuente: G. Tellis, “2016 Startup Index of Nations, Cities: (Startups Worth \$1 Billion Or More: “Unicorns””, 2016 [en línea] <https://www.marshall.usc.edu/sites/default/files/PDF/Unicorn-Index-Report-GT17.pdf>.

<sup>a</sup> Estados Unidos.

<sup>b</sup> China.

<sup>c</sup> India.

## F. Las nuevas tecnologías requieren del desarrollo de nuevas capacidades

- El mundo se encuentra en una nueva revolución tecnológica impulsada por la Internet móvil y la computación en la nube, la analítica de grandes datos, la Internet de las cosas, la robótica, la inteligencia artificial, el aprendizaje automático, la manufactura avanzada y la impresión 3D. Estas tecnologías abren oportunidades para la innovación en la prestación de servicios y en modelos de negocio, pues dan lugar a nuevos procesos de producción, cadenas de valor y modelos de organización industrial (CEPAL, 2015).
- El aumento de la digitalización transforma las estructuras económicas, políticas, institucionales y sociales a escala mundial más rápidamente que en las anteriores revoluciones industriales. Esto implica oportunidades y desafíos, en particular en relación con el empleo a mediano y largo plazo.
- En un contexto en el que la inteligencia artificial evoluciona desde la programación basada en algoritmos a patrones de reconocimiento de patrones, los espacios reservados para el trabajo humano están siendo reemplazados por robots o principalmente por robots colaboradores (*cobots*).
- En realidad, no todos los trabajadores tendrán que competir con las máquinas; algunos deberán aprender a trabajar en colaboración más estrecha con ellas, que se encuentran conectadas inteligentemente a sistemas ciberfísicos.
- Esta transformación ha dado lugar a nuevos modelos de producción y consumo: la economía de costo marginal cero, la Internet industrial y la economía colaborativa (*sharing economy*). Estos modelos tienen fuertes implicancias en el requerimiento de capacidades y el empleo.

### ■ Cuadro V.1 ■

#### La nueva revolución industrial y el contexto laboral

Patrones de consumo y producción	Características	Implicaciones en el empleo	Nuevas capacidades requeridas
Costo marginal cero en la economía digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuevos modelos de negocio basados en la Internet de la producción y la distribución de bienes y servicios digitales</li> <li>Bajo costo marginal de distribución y producción</li> <li>Coproducción de empresas y consumidores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Robots y aprendizaje automático (<i>machine learning</i>), en sustitución de la mano de obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nuevos trabajos que requieren nuevos conocimientos y capacidades</li> <li>Nuevas capacidades en los ámbitos de desarrollo de <i>software</i> y análisis de datos</li> </ul>
Internet industrial	Nuevos modelos industriales y de producción que utilizan: <ul style="list-style-type: none"> <li>Máquinas y sensores conectados a través de Internet</li> <li>Robots y aprendizaje automático (<i>machine learning</i>)</li> <li>Sistemas ciberfísicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sustitución de los puestos de trabajo con tareas rutinarias y repetitivas</li> <li>Nuevas capacidades de producción que requieren de capacidades digitales e industriales, análisis de datos, I+D, técnicos y especialistas para crear y gestionar sistemas avanzados y automatizados de producción, arquitectos de soluciones, científicos de datos industriales, ingenieros de manufactura avanzada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidades cognitivas, resolución de problemas complejos y análisis de datos, habilidades sociales, pensamiento crítico, alfabetización y aprendizaje activo</li> </ul>
Economía del empleo temporal ( <i>Gig economy</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos de negocio con uso frecuente de contratos temporales y trabajo independiente en las tareas de corto plazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajos que no se ajustan a las definiciones legales existentes sobre empleo y la condición de contratista independiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habilidades digitales básicas</li> </ul>

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

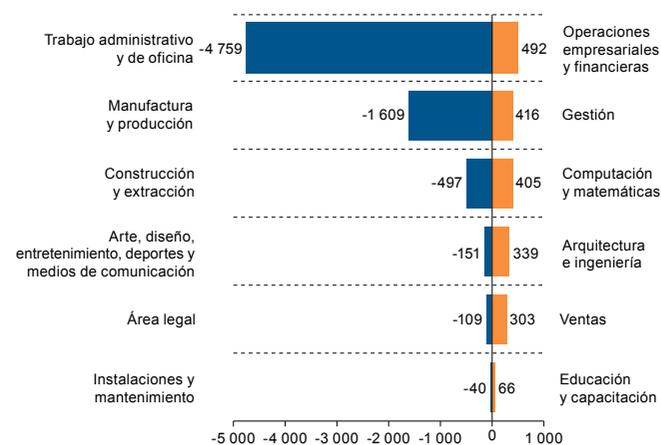
## G. La generación de empleo será un elemento de preocupación adicional para la región

- De acuerdo con predicciones recientes y dadas las tendencias actuales, se espera que en los países más desarrollados el cambio tecnológico dé origen a la pérdida de más de 5,1 millones de puestos de trabajo durante el período 2015-2020. Esta cifra surge de la diferencia entre una pérdida total de 7,1 millones de puestos de trabajo —principalmente en las áreas de trabajos de oficina y administrativos— y una ganancia total de 2 millones de puestos (WEF, 2016).
  - Teniendo en cuenta las estructuras de producción actuales, los sectores en los que el empleo crecerá (operaciones comerciales y financieras, administración, informática y matemática) crearían un número de puestos de trabajo muy inferior a los que se perderán en aquellas áreas que se verán afectadas por el cambio tecnológico (trabajos de oficina y administrativos, manufactura y producción). Estos resultados serían particularmente negativos para la clase media y las mujeres, debido a su alto nivel de participación en los trabajos de oficina.
  - En promedio, en 2020 más de un tercio de las habilidades básicas requeridas en la mayoría de las ocupaciones se compondrá de aquellas que aún no se consideran cruciales para el trabajo de hoy. Con el fin de gestionar con éxito estas tendencias, los países deben aplicar políticas destinadas a la actualización de competencias, así como a la mejora de las calificaciones y capacidades. Sin una acción urgente y específica capaz de gestionar la transición a corto plazo y construir una fuerza de trabajo coherente con la demanda futura de habilidades, los gobiernos tendrán que enfrentar un desempleo y desigualdad crecientes, y las empresas, una base de consumidores en contracción.
  - Este escenario es particularmente difícil para los países en desarrollo, donde tendrá lugar un mayor aumento de la población. Los países que experimentarán mayor crecimiento de la población carecen de las habilidades necesarias para las nuevas tareas y su marco institucional no es el adecuado para dar una respuesta urgente. La educación básica y secundaria no es una solución en sí misma, ya que no solucionararía la falta de capacidades de la generación que ya está entrando en el mercado de trabajo.
- Así, los países en desarrollo se enfrentarían al mismo tiempo a la escasez de oferta de trabajo en áreas relacionadas con las nuevas tecnologías y al desempleo juvenil. Esto es particularmente importante en América Latina y el Caribe, donde el 36% de las empresas ya identifican que el inadecuado nivel educativo de la fuerza laboral es un obstáculo importante para su funcionamiento. Esta cifra duplica con creces la de los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) (15%) y está muy por encima del promedio mundial del 21% (CAF/CEPAL/OCDE, 2014).
  - La creación de empleo para los jóvenes en el contexto de la revolución tecnológica atraviesa una situación peculiar en los países de América Latina y el Caribe. En particular, en 2019, la región tendrá un déficit de más de 449.000 profesionales en tecnologías digitales (IDC, 2016).

### ■ Gráfico V.6 ■

#### Creación neta de empleos por familia de trabajo, 2015-2020

(En miles de empleos)



Fuente: Foro Económico Mundial (WEF), *The Future of Jobs*, 2016.

## H. Los países deben enfrentar con urgencia los efectos disruptivos de la economía digital

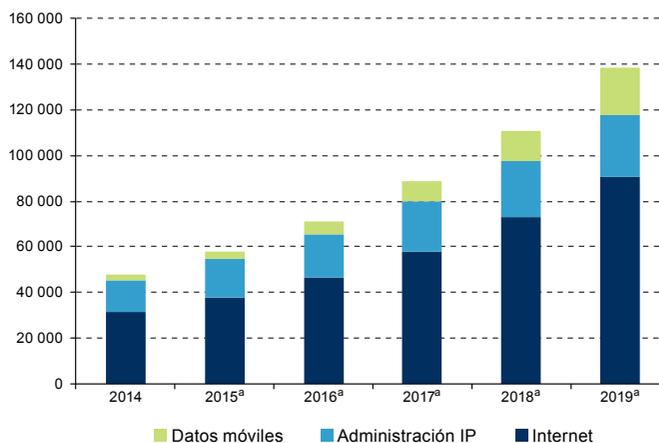
- La masiva difusión de las tecnologías digitales y los sistemas complejos que combinan *hardware*, sensores, almacenamiento de datos, microprocesadores y *software* están desatando una nueva era industrial, cambiando la naturaleza de los productos, alterando las cadenas de valor y obligando a las empresas a rediseñar sus estrategias para adecuarse a la economía digital.
- Cisco (2015) estima que entre 2014 y 2019 el volumen de tráfico de datos IP crecerá a una tasa del 24% anual, pero la tasa de crecimiento móvil será del 59%. De esta manera, la actividad en Internet será cada vez más intensa: para 2020 las velocidades de banda ancha se duplicarán, el número de dispositivos conectados a redes IP será tres veces mayor que la población mundial y el número total de teléfonos inteligentes representará casi el 50% de los dispositivos y conexiones globales.
- Este contexto presenta nuevos escenarios de competencia para las empresas, y les brinda enormes oportunidades para incrementar la innovación y la productividad. Esta nueva era de cambio tecnológico está caracterizada principalmente por la capacidad de integrar productos físicos con componentes inteligentes (sensores, microprocesadores, controles, *software* y otros) y conectividad, para que a su vez puedan convertirse en parte de nuevos sistemas de productos. Estos cambios afectan a casi todas las industrias, directa o indirectamente, así como a la economía mundial.

Ahora bien, para poder obtener todos los beneficios de estas tecnologías, las empresas y los gobiernos deben trabajar conjuntamente en temas como el desarrollo de habilidades, el establecimiento de normas y reglamentos necesarios para permitir la innovación y la definición de estándares.

■ Gráfico V.7 ■

### Volumen mundial del tráfico de datos IP de consumidores según tipo de conexión, 2014-2019

(En petabytes por mes)



Fuente: Cisco, Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015-2020 White Paper, 2015.

<sup>a</sup> Estimaciones.

## I. El acceso a las tecnologías digitales y el uso de plataformas globales se han incrementado enormemente en América Latina y el Caribe

- La penetración de las tecnologías digitales en la región durante los últimos años ha sido sorprendente. En el caso de la penetración de la telefonía móvil, las cifras superan el 100%, y más del 50% de la población de la región es usuaria de Internet. Asimismo, el crecimiento medio anual de la penetración de suscripciones de banda ancha móvil alcanza el 154%, lo que representa una cifra cercana al 60% de la población.
- De la misma forma, los usuarios de Internet latinoamericanos realizan un uso intensivo de las redes sociales, con tasas superiores a las de los Estados Unidos y Europa.
- No obstante, si se observa el tipo de plataformas digitales utilizadas en la región, se advierte que estos sitios web son mayormente extranjeros, lo que evidencia la falta de participación de las empresas nacionales o regionales en esta parte de la cadena de valor de la industria. En cuanto al contenido, los sitios más populares de origen local son los portales multimedia y las páginas de comercio electrónico.

### ■ Cuadro V.2 ■

#### Suscriptores a redes sociales, 2013

(En número de personas y porcentajes de usuarios de Internet)

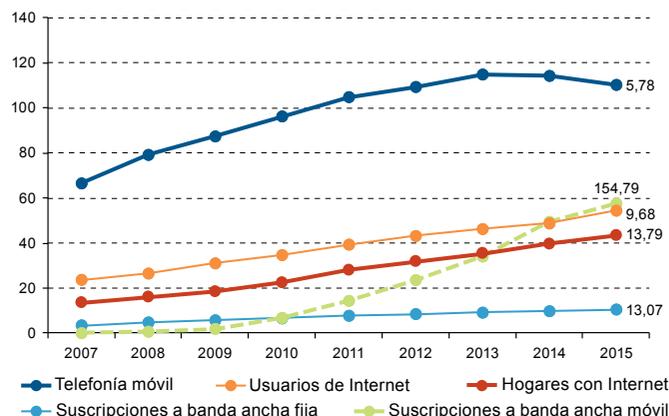
Región	Número de suscriptores de redes sociales	Suscriptores de redes sociales (en porcentajes de usuarios de Internet)
Europa Occidental	178 490 451	54,47
Europa Oriental	82 286 947	70,89
América del Norte	192 685 415	64,64
América Latina	223 174 613	78,42
Asia y el Pacífico	891 194 019	73,19
Comunidad de Estados Independientes (CEI) y Federación de Rusia	46 020 576	32,23
África Subsahariana	37 118 175	25,64
Oriente Medio y África del Norte	64 898 306	38,59
Mundo	1 715 868 503	63,55

Fuente: Telecom Advisory Services (TAS), sobre la base de Internet World Stats.

### ■ Gráfico V.8 ■

#### América Latina y el Caribe: tasas de penetración de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), 2007-2015

(En porcentajes de la población y tasas de crecimiento acumulado)

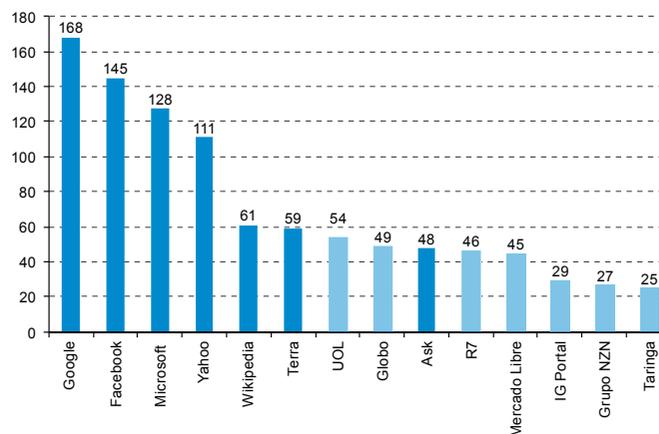


Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), World Telecommunications Indicators Database, 2016.

### ■ Gráfico V.9 ■

#### América Latina: páginas de Internet más populares

(En número de visitantes únicos mensuales)



Fuente: Telecom Advisory Services (TAS), sobre la base de ComScore.

## J. El impacto económico de la digitalización en América Latina y el Caribe ha contribuido al 4,3% del PIB en ocho años

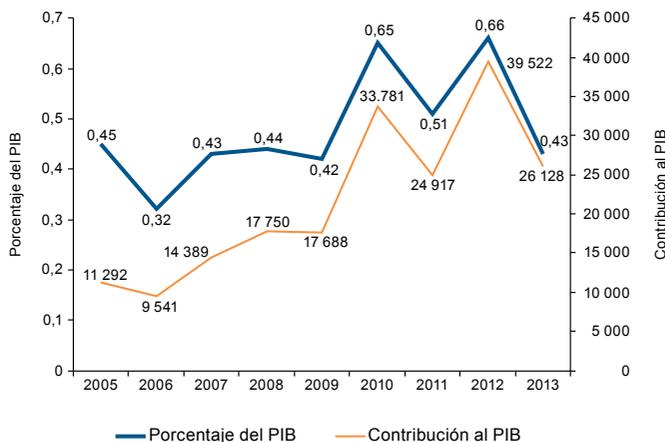
- El impacto económico de las tecnologías digitales ha sido objeto de diversos estudios que indican su contribución positiva al crecimiento y el empleo. Sobre la base de un modelo de crecimiento endógeno que vincula al PIB con el grado de digitalización de los países, las estimaciones disponibles muestran que entre 2005 y 2013, el impacto económico de este proceso en América Latina y el Caribe ha contribuido al 4,3% del crecimiento acumulado del PIB, lo que equivale a 195.000 millones de dólares.
- En el caso del empleo, se estima que el despliegue y la asimilación de la digitalización tienen un impacto mucho mayor, dado que contribuyen no solo a la creación de puestos de trabajo en el sector de las TIC (por ejemplo, el desarrollo de software, la fabricación de equipos y el suministro de piezas), sino que tiene efectos indirectos en otros sectores de la economía, como el comercio, los servicios financieros y la salud. En este caso, se estima que la digitalización ha permitido la creación de 900.000 puestos de trabajo al año en la región. Es importante indicar que estos efectos se incrementan en relación con el grado de madurez del ecosistema digital de los países, considerando factores como la asequibilidad de las TIC, la calidad de la infraestructura, el acceso a la red y su uso, y el capital humano calificado.
- Dada la dinámica tecnológica mundial, la competitividad y el crecimiento de los países dependerán cada vez más de su integración al ecosistema digital mundial. Esto los obligará a mejorar su infraestructura, el capital humano y el entorno empresarial, definir estándares mundiales, regular los flujos

de datos, proteger los derechos de propiedad intelectual y defender la seguridad y privacidad de los usuarios. Estos temas deberían abordarse con una visión regional para impulsar en América Latina y el Caribe la constitución de un mercado digital común que apoyaría sustantivamente la expansión de la economía digital (CEPAL, 2015).

### ■ Gráfico V.10 ■

#### América Latina y el Caribe (22 países<sup>a</sup>): impacto económico de la digitalización, 2005-2013

(En porcentajes del PIB y millones de dólares)



Fuente: Telecom Advisory Services (TAS), *The Ecosystem and Digital Economy in Latin America*, 2015.

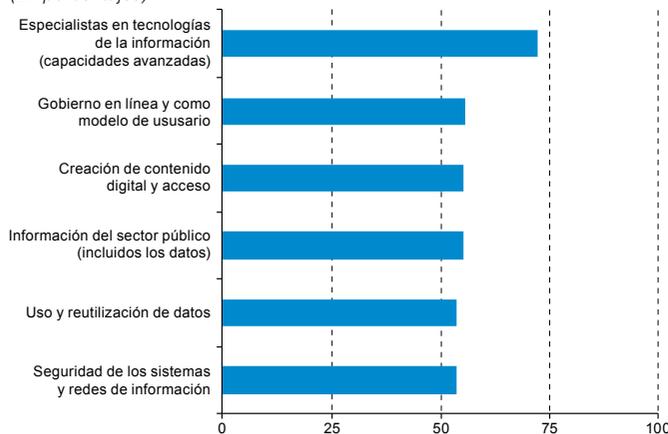
<sup>a</sup> Incluye a: Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Trinidad y Tabago, Uruguay y Venezuela (República Bolivariana de).

## K. Para mejorar la apropiación de las tecnologías, es necesario avanzar hacia agendas digitales más complejas que incluyan otros desafíos

- La vigencia de las políticas nacionales en materia digital en América Latina y el Caribe es evidente. En el cuadro V.3 se puede observar que 17 de 23 países de la región (73%) cuentan con una agenda digital ya implementada o en elaboración. Asimismo, países como Colombia, Chile y el Uruguay ejecutan planes nacionales sobre TIC de tercera y cuarta generación.
- El acceso, la infraestructura y el despliegue de la banda ancha continúan siendo una prioridad en las agendas digitales, al igual que otros objetivos frecuentes como el fomento a la industria de TIC, la creación de capacidades, el desarrollo de contenidos, el gobierno electrónico y la educación. En una revisión reciente que realizó la OCDE sobre las tendencias de prioridad de las políticas sobre TIC en 31 países, se observó que el desafío principal considerado para los próximos años es el desarrollo de habilidades digitales, seguido por la mejora de los servicios públicos en línea, la creación de contenido y el uso y reutilización de datos, temas que deben ser incorporados en las agendas para comenzar a trabajar en ellos.

### ■ Gráfico V.11 ■

**Tendencias de prioridad de las políticas sobre tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), 2014<sup>a</sup>**  
(En porcentajes)



**Fuente:** Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Digital Economy Outlook 2015*, París, 2015, sobre la base del cuestionario de la OCDE sobre prioridades de políticas actuales y futuras, junio de 2014.

<sup>a</sup> Las áreas de las políticas sobre TIC han sido seleccionadas y clasificadas según la prioridad otorgada.

### ■ Cuadro V.3 ■

**América Latina y el Caribe (23 países): estado de las agendas digitales nacionales<sup>a</sup>, 2016**

País	Agenda digital nacional
Argentina	En elaboración
Barbados	En implementación
Bolivia (Estado Plurinacional de)	Necesidad de creación o reforma
Brasil	Necesidad de creación o reforma
Chile	En implementación
Colombia	En implementación
Costa Rica	En implementación
Cuba	En implementación
Ecuador	En implementación
El Salvador	Necesidad de creación o reforma
Guatemala	En elaboración
Haití	Necesidad de creación o reforma
Honduras	En implementación
Jamaica	En implementación
México	En implementación
Nicaragua	Necesidad de creación o reforma
Panamá	En implementación
Paraguay	En implementación
Perú	En elaboración
República Dominicana	En elaboración
Trinidad y Tabago	Necesidad de creación o reforma
Uruguay	En elaboración
Venezuela (República Bolivariana de)	En implementación

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

<sup>a</sup> Se considera agenda digital nacional al conjunto de estrategias sectoriales sobre TIC del país, es decir, el conjunto de políticas digitales a nivel nacional que mantienen un mínimo grado de coherencia y articulación entre sí.

## L. Se requiere mejorar las herramientas de política para promover el emprendimiento tecnológico

- Si bien son muy pocos los países que han logrado desarrollar empresas tecnológicas emergentes (*start-ups*), existen espacios para que la región avance en materia de emprendimientos tecnológicos. Si bien los países de América Latina han adoptado diferentes estrategias para promoverlas, este tipo de iniciativas aún presentan una serie de desafíos que guardan relación con la falta de financiamiento, las brechas de capacidad y conocimiento tecnológico, las capacidades de gestión empresarial y la ausencia de entornos institucionales adecuados. En este marco, las políticas pueden ofrecer una serie de incentivos y condiciones para promover su desarrollo mediante instrumentos que incluyen la dotación de financiamiento, asesoramiento y formación y la promoción de un marco jurídico favorable al emprendimiento.
- De acuerdo con un análisis realizado por la OCDE (2013), el Brasil y Chile brindan una gama más amplia de mecanismos de apoyo financiero en casi todas las etapas de desarrollo de nuevas empresas. México todavía tiene margen para mejorar los instrumentos que ayudan a las empresas en las etapas iniciales, mientras que la Argentina necesita impulsar el apoyo financiero durante la fase de expansión. Asimismo, Colombia y el Perú están creando mecanismos de apoyo para el capital semilla.
- En el caso de los programas de apoyo y capacitación para los negocios, se observa que la mayoría de los países cuentan con incubadoras, a excepción del Perú. Por otra parte, las iniciativas para acelerar proyectos están en desarrollo o todavía no existen. La Argentina, el Brasil, Chile y México han implementado o están elaborando programas de transferencia de tecnología y de capacidades; Colombia y el Perú deben incrementar sus esfuerzos en este ámbito. En varios países no existe un marco regulatorio para impulsar el emprendimiento ni se han establecido incentivos fiscales específicos; en otros casos, estas áreas necesitan reformas.

### ■ Cuadro V.4 ■

#### América Latina: herramientas de política específicas para promover las empresas emergentes, 2012

Instrumento	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	México	Perú	
Financiamiento	Capital semilla	En desarrollo	En implementación	En implementación	Reciente creación	Necesidad de creación o reforma	Reciente creación
	Capitales ángeles	Necesidad de creación o reforma	En implementación	En desarrollo	Reciente creación	Necesidad de creación o reforma	Necesidad de creación o reforma
	Capital de riesgo	Necesidad de creación o reforma	En implementación	En implementación	Reciente creación	En desarrollo	Necesidad de creación o reforma
Servicios empresariales y capacitación	Incubadoras	En implementación	En implementación	En implementación	En desarrollo	En desarrollo	Reciente creación
	Aceleradores	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	Necesidad de creación o reforma	En desarrollo	Necesidad de creación o reforma
	Empresas derivadas ( <i>spin-offs</i> )	Necesidad de creación o reforma					
	Transferencia tecnológica	En desarrollo	En implementación	En desarrollo	Necesidad de creación o reforma	En implementación	Necesidad de creación o reforma
Marco regulatorio	Capacitación a empresas	En implementación	En implementación	En implementación	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo
	Facilidad para crear o cerrar empresas	Necesidad de creación o reforma	Necesidad de creación o reforma	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo	En desarrollo
	Marco fiscal y legal específico	Necesidad de creación o reforma	En desarrollo	En desarrollo	Necesidad de creación o reforma	En desarrollo	Necesidad de creación o reforma

Fuente: Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Start-up Latin America: Promoting Innovation in the Region*, 2013.

## M. Existe un margen significativo para el crecimiento del comercio electrónico en América Latina

- Las estadísticas oficiales sobre el comercio electrónico son escasas, pero la información disponible sugiere que en la región un gran número de empresas tienen presencia en Internet y realizan transacciones comerciales en línea. Por ejemplo, en el Brasil se estima que un 62% de las empresas cuenta con un sitio web propio y un 21% realiza ventas por este medio. Por otra parte, las estimaciones de consultoras privadas muestran que el mercado del comercio electrónico minorista tendrá un crecimiento sostenido en América Latina en los próximos años, proyectándose un volumen de ventas cercano a los 50.000 millones de dólares para 2016 y una tasa de crecimiento anual compuesto del 19%. La Argentina, el Brasil y México son los principales mercados de comercio electrónico en la región, representando cerca del 73% de las ventas.
- América Latina cuenta con un margen significativo para impulsar el crecimiento de este mercado. La proporción de las ventas de comercio electrónico minorista representan solamente el 2,6% del total de las ventas minoristas de la región, una proporción mucho menor comparada con el resto de las regiones, como América del Norte (8%), Europa Occidental (8%) y Asia y el Pacífico (12%).

■ Cuadro V.5 ■  
América Latina (países seleccionados): sitios web y ventas por Internet de empresas<sup>a</sup>  
(En porcentajes)

País/indicador	Brasil, 2014	Costa Rica, 2013	Colombia, 2014	Chile, 2015	República Dominicana, 2013
Proporción de empresas con sitio web	62,0	70,5	66,4	34,1	56,3
Proporción de empresas que reciben pedidos por Internet	21,0	70,5	69,8	23,7	34,0

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Brasil, Centro Regional de Estudios para el Desarrollo de la Sociedad de la Información (CETIC.br), para TIC, domicilios y empresas, 2015; Costa Rica: Ministerio de Ciencia y Tecnología/Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE)/Universidad Nacional, Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación a Empresas; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Encuesta Anual Manufacturera; Chile: Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Encuesta Longitudinal de Empresas; República Dominicana: Oficina Nacional de Estadística (ONE), Encuesta Nacional de Actividad Económica.

<sup>a</sup>Corresponde a empresas de más de diez empleados.

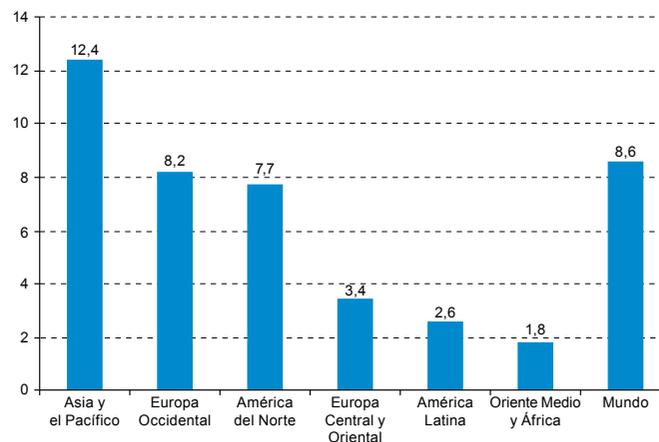
■ Cuadro V.6 ■  
América Latina: estimaciones del comercio electrónico minorista, 2016<sup>a</sup>

País	Valor de ventas (en miles de millones de dólares)	Tasa de crecimiento anual compuesto (en porcentajes)	Comercio electrónico (en porcentajes del comercio minorista)
Brasil	22,12	12,0	3,6
México	7,24	25,0	2,3
Argentina	6,85	28,0	1,7
Otros	13,63	23,0	2,3
América Latina	49,83	19,0	2,6

**Fuente:** eMarketer, *Worldwide Retail Ecommerce Sales: Emarketer's Updated Estimates and Forecast Through 2019*, 2015.

<sup>a</sup>Las estimaciones se basan en el análisis de los datos de otras empresas de investigación y organismos gubernamentales, las tendencias históricas, los ingresos comunicados y estimados de importantes minoristas en línea, las tendencias de compra en línea de los consumidores y las condiciones macroeconómicas. Los datos incluyen los productos y los servicios adquiridos y la facturación por viajes de negocios reservados en Internet a través de cualquier medio, independientemente del método de pago o liquidación.

■ Gráfico V.12 ■  
Ventas de comercio electrónico minorista, 2016<sup>a</sup>  
(En porcentajes del total mundial)



**Fuente:** eMarketer, *Worldwide Retail Ecommerce Sales: Emarketer's Updated Estimates and Forecast Through 2019*, 2015.

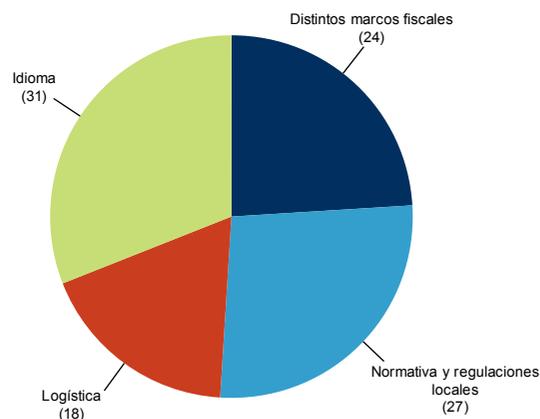
<sup>a</sup>Se incluyen productos o servicios solicitados por Internet a través de cualquier dispositivo, sin considerar el método de pago; no se incluyen viajes ni entradas para eventos.

## N. Para avanzar en el desarrollo de la economía digital, es necesario contar con un mercado digital integrado

- El uso de Internet facilita el comercio, pero existe una serie de factores que afectan su expansión. En una encuesta reciente realizada por Keira McDermott y Payvision (2015) a comerciantes, proveedores de servicios comerciales, proveedores de servicios de pago y consultores, se identificó que los aspectos fiscales, de regulación, logísticos y de idioma son las principales barreras para el desarrollo del comercio electrónico transfronterizo. La necesidad de cumplir con distintos marcos fiscales y legales puede ser un desincentivo para que las empresas amplíen sus servicios en línea.
- Asimismo, las diferentes leyes sobre derechos del consumidor que rigen los procedimientos para la resolución de quejas y devoluciones pueden diferir de un país a otro, haciendo compleja la resolución de controversias entre vendedores y compradores.
- Las normativas sobre privacidad y protección de datos también pueden dificultar el intercambio de datos interregionales y el desarrollo de modelos de negocio que hacen un uso intensivo de datos personales.
- Por otro lado, las diferentes cargas impositivas y de aranceles entre países pueden afectar los niveles de competencia de algunos de bienes y servicios que se compran por Internet. Finalmente, si bien el idioma puede ser una barrera, en el caso de América Latina puede transformarse en una ventaja comparativa importante para las empresas regionales.
- En este marco, es imperioso analizar las oportunidades y los retos que pueden derivarse de la promoción de un mercado digital integrado a nivel regional, donde se reduzcan las

barreras que evitan el libre flujo de bienes y servicios en línea y se impulse el desarrollo de la economía digital, constituida por la infraestructura de telecomunicaciones, las industrias de TIC (*software*, *hardware* y servicios) y la red de actividades económicas y sociales facilitadas por Internet, promoviendo así la innovación, la productividad y el crecimiento.

■ Gráfico V.13 ■  
**Principales barreras al comercio electrónico transfronterizo a nivel mundial**  
 (En porcentajes de encuestados)



Fuente: K. McDermott y Payvision, *Key Business Drivers and Opportunities in Cross-Border Ecommerce, 2015* [en línea] <http://hollandfintech.com/wp-content/uploads/2015/11/key-business-drivers-and-opportunities-2015.pdf>.

## VI. Ciencia, tecnología e innovación en la agricultura



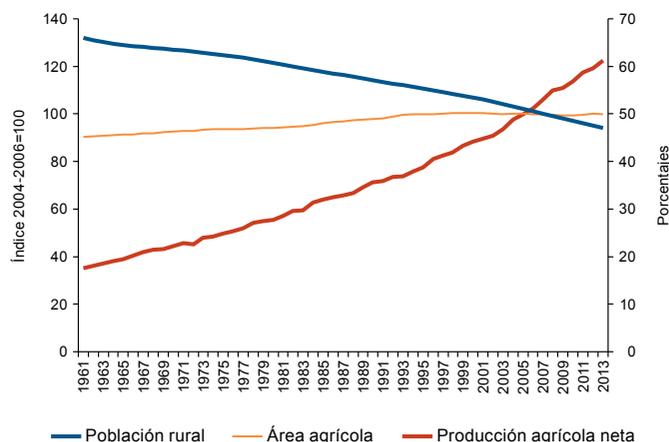
## A. El aumento de la productividad agrícola promovido por la innovación es fundamental para el cambio estructural y el desarrollo económico

- El desarrollo económico se caracteriza por la reasignación de recursos desde el sector agropecuario hacia otros sectores, en un proceso conocido como cambio estructural. Ese proceso está relacionado con el aumento de la productividad en el sector agropecuario, el que libera mano de obra para otras actividades. La oferta de trabajo mejor remunerado en sectores no agropecuarios también es una fuerza importante en el proceso de cambio estructural. Sin embargo, dado el carácter estratégico de la producción de alimentos, la transferencia de mano de obra desde la agricultura hacia otros sectores solo tiende a ocurrir cuando la oferta alimentaria se encuentra asegurada, sea internamente o mediante importaciones.
- En el último medio siglo, la demanda de alimentos ha aumentado en forma constante debido, por un lado, al crecimiento poblacional y, por otro, a cambios en la intensidad y las formas de consumo. La oferta global de alimentos ha crecido a un nivel superior al aumento de la demanda, razón por la cual los precios han tendido a la baja por lo menos desde la década de 1950. El aumento de la oferta se alcanzó mediante una expansión relativamente pequeña de la frontera agrícola y una importante reducción del porcentaje de la población que vive en áreas rurales.
- El incremento de la producción solo fue posible gracias a la innovación agrícola que se registró a lo largo del siglo pasado. El aumento de la productividad ha sustentado las tasas de aumento de la oferta de alimentos y ha liberado mano de obra para otros sectores. El mayor acceso a los alimentos ha ampliado la esperanza de vida, la productividad del trabajo y la tasa de crecimiento de la población. En mayor o menor grado, ese proceso ha tenido lugar tanto en países desarrollados como en países en desarrollo y economías menos avanzadas, en diferentes momentos.
- En América Latina y el Caribe, la productividad agropecuaria, medida como la productividad total de los factores (PTF), dio origen a la mayor parte del crecimiento de la producción agropecuaria entre 1980 y 2012. La producción agropecuaria regional creció a una tasa media del 2,1% al año: el 1,2% debido al aumento de la PTF y el 0,9% al mayor uso de insumos por trabajador. Desde el año 2000, el crecimiento de la productividad agrícola regional ha sido más marcado que el observado en el conjunto de los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), por lo que la brecha de productividad con estos disminuyó. Sin embargo, el promedio simple de la PTF regional representa menos del 60% de la PTF de los países de esa agrupación.

### ■ Gráfico VI.1 ■

#### Evolución mundial de la producción agrícola neta, del área agrícola y de la proporción de la población rural con respecto a la población total, 1961-2013

(En índice 2004-2006=100 y porcentajes del total)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), base de datos FAOSTAT [en línea] [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org), y Banco Mundial.

## B. Los países de la región, sobre todo el Brasil, han registrado un fuerte aumento de su productividad agrícola debido a la incorporación del progreso técnico y la mejora de la eficiencia

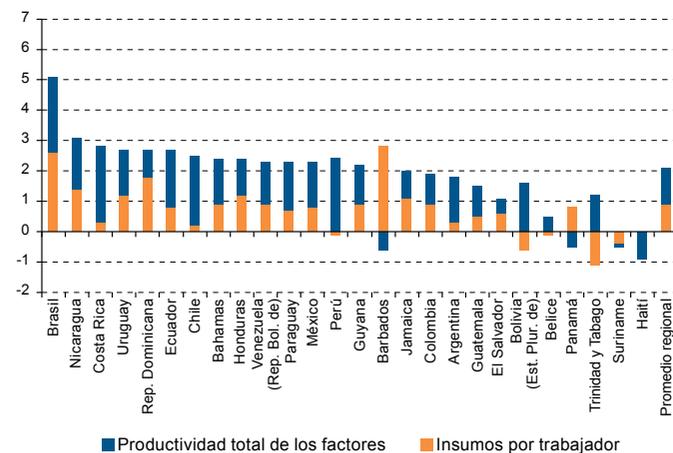
- El Brasil fue el país de América Latina y el Caribe que tuvo el mayor incremento de la producción agropecuaria entre 1980 y 2012 (un 5,1% al año), y la contribución del uso de insumos fue ligeramente más alta que la de la PTF. En los demás países de la región que presentaron aumentos de la PTF superiores a un 2% al año en el período considerado –Chile, Costa Rica y Perú–, la intensidad del uso de insumos prácticamente no presentó variaciones.
- En el gráfico VI.3 se muestra la contribución de dos componentes a la PTF de los países de América Latina y el Caribe entre 1981 y 2012: el progreso técnico y la eficiencia. La contribución del primero, entendido como

el crecimiento de la PTF a nivel global, fue responsable de tres cuartas partes del aumento de la PTF regional. Esto demuestra la importancia de la oferta tecnológica global para el crecimiento de la productividad en América Latina y el Caribe, a diferencia del incremento de la eficiencia dentro de los países, que correspondió a una cuarta parte del aumento de la PTF. No obstante, hay gran disparidad en el interior de la región con relación a la contribución de esos componentes al crecimiento de la PTF. En general, los países con mayor crecimiento de la PTF en el período 1981-2012, ubicados en el extremo izquierdo del gráfico, presentaron un mejor desempeño en términos de eficiencia.

### ■ Gráfico VI.2 ■

**América Latina y el Caribe (países seleccionados): componentes de la tasa de crecimiento de la producción agropecuaria, 1980-2012**

(En porcentajes)

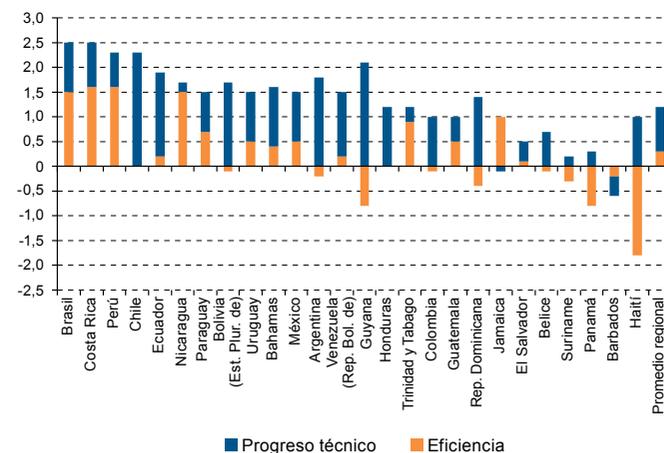


**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de A. Nin-Pratt y otros, "Productivity and the performance of agriculture in Latin America and the Caribbean: from the lost decade to the commodity boom", *Working Paper Series*, N° 608, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2015.

### ■ Gráfico VI.3 ■

**América Latina y el Caribe (países seleccionados): componentes de la tasa de crecimiento de la productividad total de los factores, 1981-2012**

(En porcentajes)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de A. Nin-Pratt y otros, "Productivity and the performance of agriculture in Latin America and the Caribbean: from the lost decade to the commodity boom", *Working Paper Series*, N° 608, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2015.

## C. El incremento de la productividad agrícola en la región fue fruto del esfuerzo innovador interno de los países

- Varios países de clima tropical húmedo, que es la zona agroecológica predominante en América Latina y el Caribe, se encuentran entre los de mayor crecimiento de la PTF en la región. Estos países no han dependido únicamente del progreso técnico internacional como fuente de aumento de la productividad, sino que han generado capacidades internas y se han asociado con otros países con características similares para generar innovaciones adaptadas a sus contextos y necesidades. Por otro lado, incluso en las zonas agroecológicas en las cuales el progreso técnico internacional ha sido particularmente favorable a la innovación agropecuaria, normalmente es necesario realizar adaptaciones y proporcionar servicios de extensión que lleven la tecnología del laboratorio a los agricultores. Por lo tanto, el incremento de la productividad agrícola en la región es, en mayor o menor grado, fruto de un esfuerzo innovador interno que involucra a los sistemas y redes de innovación nacionales, regionales e internacionales.
- La inversión en I+D agrícola, la capacitación de investigadores y la colaboración institucional son las estrategias que han seguido los países de la región para mejorar la productividad y la eficiencia del sector agropecuario. En los últimos 30 años, los gastos en I+D agrícola en América Latina y el Caribe pasaron de 3.000 millones a 5.000 millones de dólares, un incremento medio del 1,7% al año. El número de investigadores agrícolas en la región pasó de 12.000 a más de 20.000 en el mismo período. En ambos casos, el crecimiento estuvo concentrado en el período posterior a 2004.
- El promedio regional de gastos en I+D en la agricultura en el período considerado (2000-2012) alcanza un 1,3% del PIB sectorial. En los países desarrollados, la intensidad de la I+D agrícola ha alcanzado un 3% del PIB en la década de 2000 si se consideran únicamente los gastos públicos, y casi un 6% si se toma en cuenta el total de los gastos públicos y privados (Pardey y otros, 2015). Varios países del Caribe presentan una intensidad elevada de I+D debido a un tema de escala: aunque el sector agropecuario sea poco relevante en esas economías, debe contar con un apoyo de investigación para alcanzar eficiencia y seguridad, lo que representa un porcentaje importante de la producción nacional. Los países del Cono Sur presentan intensidades de I+D de entre el 1,0% y el 1,7%; los demás países de la región se encuentran por debajo del 1%. Los gastos regionales en I+D se concentran

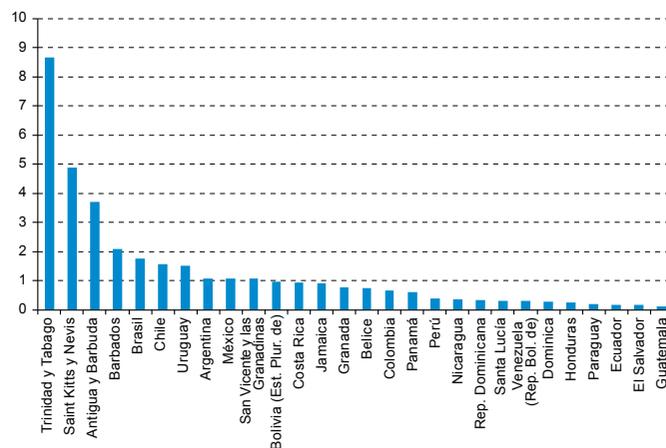
en unos pocos países: en 2012 el Brasil registró más del 60%, seguido por la Argentina, México, Colombia y Chile. Esos cinco países conformaron el 92% de los gastos regionales en I+D agrícola, porcentaje superior a la participación de este grupo en el PIB sectorial, que alcanzó el 74% en 2012.

- La intensidad de la I+D agrícola también puede medirse por el número de investigadores por cada 100.000 agricultores. La Argentina ocupa el primer puesto, con casi 300 investigadores por cada 100.000 agricultores, seguido por Barbados, el Uruguay, Trinidad y Tabago y Antigua y Barbuda. De nuevo, en los países del Caribe la pequeña escala del sector agropecuario, asociada a una cierta indivisibilidad de la I+D, explican los altos niveles del indicador. En esta área, la concentración de recursos es menos marcada: el Brasil ocupa una vez más la primera posición, con el 30% de los investigadores regionales, seguido por la Argentina, que tiene casi el mismo número, México, Colombia y Chile. Los cinco países poseen el 86% del total de investigadores agrícolas en la región. Dada la concentración de la I+D agrícola en unos pocos países, la cooperación regional aparece como una condición necesaria para aumentar la eficiencia de la I+D y mejorar la distribución de sus resultados.

### ■ Gráfico VI.4 ■

#### América Latina y el Caribe (países seleccionados): gastos en investigación y desarrollo en la agricultura, en promedio, 2000-2012

(En porcentajes del PIB agrícola)



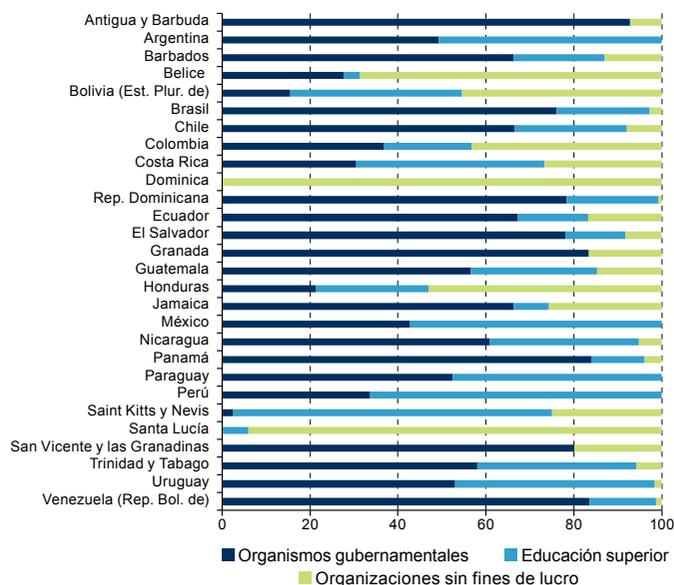
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de los Indicadores de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (ASTI).

## D. La inversión pública en investigación y desarrollo juega un rol fundamental en la difusión de la tecnología agropecuaria hacia los países en desarrollo, complementando la inversión privada

- A nivel mundial, el sector agropecuario representa aproximadamente un 3% del PIB, y el gasto en investigación y desarrollo agrícola, cerca de un 5% del gasto total en I+D. Alrededor de un tercio del gasto en I+D del sector agrícola (incluido el sector de alimentos) es de origen privado, y dos tercios, de origen público. En los países desarrollados, este gasto se divide en proporciones casi iguales entre público y privado. En cambio, en los países de ingresos medios y bajos, la inversión en I+D agrícola de origen público es 14 veces mayor que la de origen privado (Pardey y otros, 2015).
- En América Latina y el Caribe, los organismos gubernamentales emplean el 55% del total de investigadores agrícolas, mientras que las universidades utilizan el 40%, y las organizaciones sin fines de lucro, el restante 5%. Hay importantes diferencias entre los países de la región. Por ejemplo, en Antigua y Barbuda, el Brasil, El Salvador, Granada, Panamá, San Vicente y las Granadinas, la República Dominicana y Venezuela (República Bolivariana de), los organismos gubernamentales concentran a más del 70% de los investigadores agrícolas, mientras que en México y el Perú aproximadamente dos tercios de los investigadores agrícolas se encuentran vinculados a los organismos de educación superior.
- Detrás de estas distribuciones hay estructuras institucionales que varían mucho entre países. En el Brasil, por ejemplo, la investigación agrícola gubernamental se lleva a cabo tanto a nivel federal como estatal. La Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) es la principal agencia federal, pero la mayoría de los estados también cuentan con organismos de investigación agrícola focalizados en temas locales. Las instituciones de educación superior también cumplen un papel importante. En México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) es la principal institución gubernamental involucrada en la investigación agrícola pero, al igual que en el Brasil, varios otros organismos gubernamentales llevan a cabo investigaciones, tanto a nivel estatal como nacional.
- En la Argentina, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) está encargado de la I+D y la extensión agropecuarias. Otras instituciones de I+D agrícolas del gobierno están agrupadas bajo el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
- En Colombia, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) es la mayor de las cinco agencias gubernamentales de investigación y desarrollo agrícolas, pero el país tiene un gran número de organizaciones de productores que realizan investigación en una amplia gama de cultivos.

■ Gráfico VI.5 ■  
América Latina y el Caribe (países seleccionados): gastos en investigación y desarrollo en la agricultura, en promedio, 2000-2012

(En porcentajes del PIB agrícola)



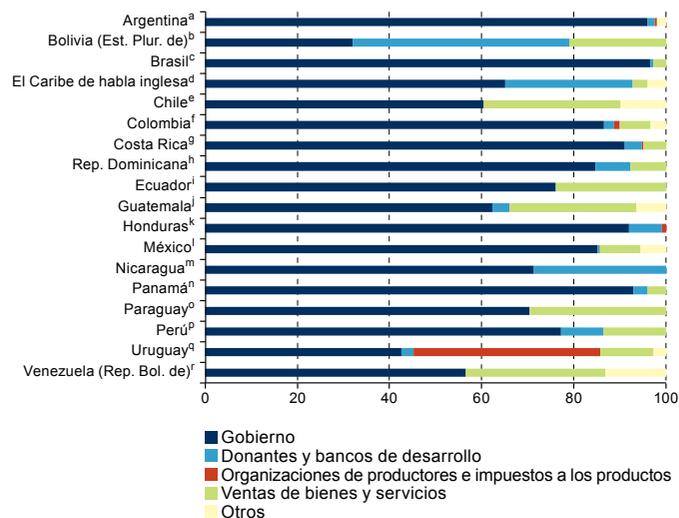
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de los Indicadores de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (ASTI).

## E. Las organizaciones regionales son protagonistas del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agrícola

- Además de las instituciones administradas por los gobiernos nacionales y locales, la región cuenta con un gran número de organizaciones supranacionales que realizan o promueven la investigación agrícola. Es el caso del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), los programas subregionales de desarrollo de tecnología cooperativa (Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur (PROCISUR), Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología para los Trópicos Suramericanos (PROCITRÓPICOS), Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina (PROCIANDINO) y Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para el Caribe (PROCICARIBE)), el Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola (SICTA), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícola del Caribe (CARDI). A nivel internacional, las sedes mundiales de tres centros del consorcio CGIAR se encuentran en la región: la del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Colombia; la del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), en México, y la del Centro Internacional de la Papa (CIP), en el Perú (Stads y otros, 2016).
- En Chile, el organismo gubernamental dominante en materia de I+D agrícola es el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). De las instituciones de educación superior, la Universidad de Chile y la Universidad de Concepción llevan a cabo la mayor parte de la investigación. Además, con el establecimiento de centros de investigación no gubernamentales en la última década, las organizaciones sin fines de lucro desempeñan un papel cada vez más importante en la investigación agrícola.

■ Gráfico VI.6 ■

**América Latina y el Caribe (países seleccionados): gastos en investigación y desarrollo agrícola, en promedio, 2000-2012**  
(En porcentajes del PIB agrícola)



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de información de los Indicadores de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (ASTI).

<sup>a</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

<sup>b</sup> Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INAF).

<sup>c</sup> Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA).

<sup>d</sup> Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícola del Caribe (CARDI).

<sup>e</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

<sup>f</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).

<sup>g</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).

<sup>h</sup> Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).

<sup>i</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

<sup>j</sup> Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

<sup>k</sup> Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA).

<sup>l</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

<sup>m</sup> Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA).

<sup>n</sup> Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

<sup>o</sup> Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA).

<sup>p</sup> Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

<sup>q</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

<sup>r</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

- Los demás países de la región presentan sistemas de I+D agrícola bastante diferentes. Por ejemplo, el Ecuador, Nicaragua, Panamá, el Paraguay, la República Dominicana y Venezuela (República Bolivariana) cuentan con un único instituto de investigaciones agropecuarias, que emplea a la gran mayoría del personal de investigación en combinación con un pequeño número de organismos especializados. Por el contrario, los institutos de Costa Rica y el Uruguay poseen un porcentaje reducido de investigadores agrícolas, y el sector de la educación superior tiene un papel más dinámico. A excepción de Jamaica y Trinidad y Tabago, en el Caribe de habla inglesa los ministerios de agricultura emplean a una pequeña parte de los investigadores agrícolas y la mayoría de las investigaciones son realizadas por el CARDI (Stads y otros, 2016).
- En cuanto a las fuentes de financiamiento de los principales organismos gubernamentales de I+D agrícola, se observan diferencias importantes. En la Argentina, el Brasil, Honduras y Panamá, el presupuesto del gobierno financia más del 90% de sus actividades. En cambio, en el Estado Plurinacional de Bolivia y, en menor medida, en Nicaragua y los países del Caribe de habla inglesa, la cooperación internacional y los bancos de desarrollo realizan un aporte financiero importante. Las ventas de bienes y servicios por parte de las agencias de investigación es una fuente de financiamiento recurrente en Chile, el Ecuador, Guatemala, el Paraguay, el Perú y Venezuela (República Bolivariana de), mientras que el Uruguay es el único país de la región en el que una parte importante de la I+D sectorial es financiada por organizaciones de productores.

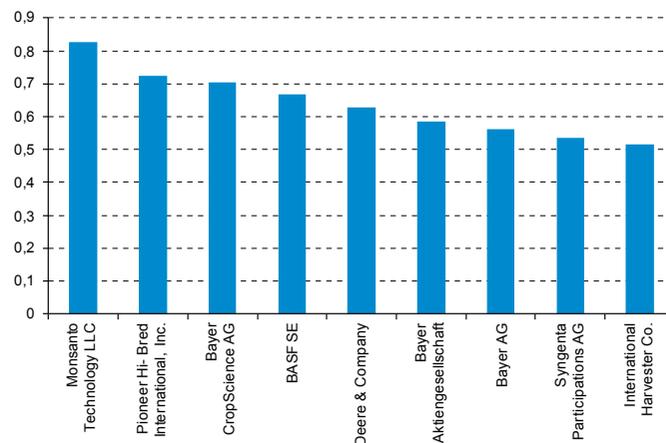
## F. Existen espacios para que la región aproveche sus vínculos con las empresas mundiales de semillas y agroquímicos y aumente la investigación y el desarrollo agrícolas

- A nivel internacional, la proporción de la inversión privada en I+D destinada al sector agrícola ha aumentado en las últimas décadas. En los Estados Unidos, por ejemplo, que es el principal país en cuanto a gastos en I+D agrícola, la investigación privada realiza aproximadamente la mitad de los gastos sectoriales en I+D (su participación llega a tres cuartos en el caso de la I+D total). Ese patrón tiende a repetirse en el resto de los países desarrollados. Entre 1950 y 1990, la I+D agrícola privada creció a tasas superiores a las de la I+D pública en los Estados Unidos, aunque en los últimos 25 años ambas crecieron prácticamente a la misma tasa (Pardey y otros, 2015).
- En un estudio sobre las estrategias en I+D de 11 empresas transnacionales de semillas y agroquímicos, incluidas las 6 mayores del sector, se muestra que sus gastos en I+D solo en el área de agroquímicos alcanzaron los 2.600 millones de dólares en 2014, un valor equivalente al 5,4% de las ventas de agroquímicos de esas empresas (McDougall, 2016). La investigación llevada a cabo por las mayores empresas globales de agroquímicos tiene lugar no solo en sus países de origen, sino también en otros. Así, el 41% de esos gastos se destinan a la I+D realizada en Europa, el 28% a la correspondiente a América del Norte y el 15% a la efectuada en América Latina (McDougall, 2016).
- La concentración de la I+D agrícola en manos de pocas empresas del sector de semillas y agroquímicos tiene implicaciones importantes sobre la dirección del progreso tecnológico en la agricultura. Por un lado, esas empresas generan menos bienes públicos en comparación con la ola de innovaciones que derivó en la Revolución Verde de la agricultura en los años 1950 a 1970, cuando predominaba la I+D pública. Por otro lado, la I+D agrícola privada tiende a estar más concentrada también en términos de áreas del conocimiento y cultivos, limitando sus externalidades positivas y el potencial de transferencia tecnológica hacia otros países y diferentes tipos de agricultores.
- Entre las nueve empresas que obtuvieron mayor número de patentes en la clase A01 de la Clasificación Internacional de Patentes (IPC) (“Agricultura; silvicultura; cría; caza; captura; pesca”) en las oficinas de patentes de los Estados Unidos y la Unión Europea, y en el marco del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT), se encuentran

las seis firmas principales del sector de semillas y agroquímicos. La participación de nueve empresas en el total de patentes vinculadas a la agricultura alcanzó un 6% entre 2006 y 2016. Ahora bien, si se considera la subclase A01H (“Novedades vegetales o procedimientos para su obtención; reproducción de plantas por técnicas de cultivo de tejidos”), la participación de esas empresas supera el 30% del total de patentes otorgadas en el mismo período.

- La investigación llevada a cabo por estas empresas en países de América Latina y el Caribe con equipo local es muy baja. Así, el número de patentes obtenidas por las seis mayores empresas del sector de semillas y agroquímicos en conjunto con algún postulante de la región representa una parte muy pequeña, inferior al 1%, de las patentes otorgadas a esas empresas. Este hecho contrasta con la importancia de la región para esas empresas en términos de ventas de semillas y agroquímicos e incluso de gastos en I+D.

■ Gráfico VI.7 ■  
**América Latina (países seleccionados): patentes obtenidas en la clase A01<sup>a</sup> de la Clasificación Internacional de Patentes (IPC) según empresas, 2006-2016**  
*(En porcentajes)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), Patentscope.  
<sup>a</sup>“Agricultura; silvicultura; ganadería; caza; captura; pesca”.

## G. Es crucial aprovechar el potencial de las tecnologías SIG para impulsar la innovación en la agricultura

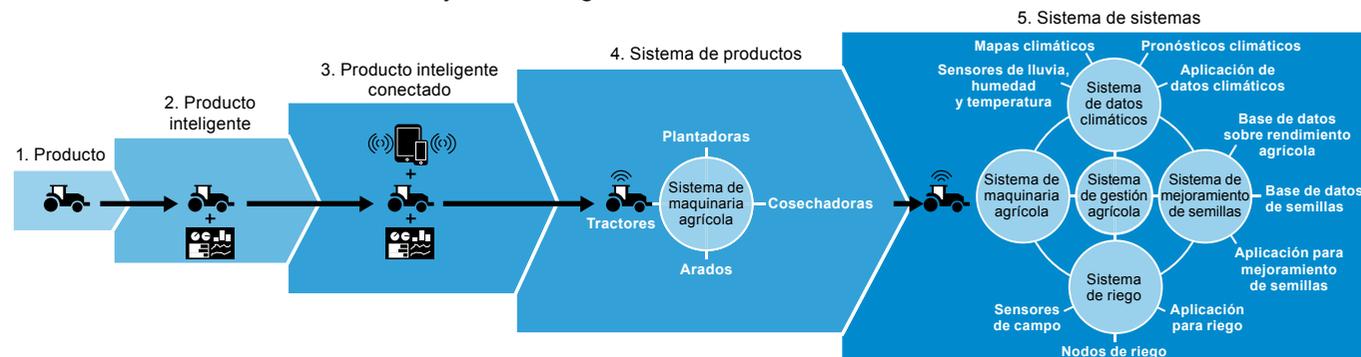
- El sector agropecuario se enfrenta a los retos que plantean la seguridad alimentaria de la creciente población mundial, la sostenibilidad de los recursos naturales, las limitaciones ambientales y el cambio climático. Esto abre una importante ventana de oportunidad para la región. Para aprovechar esta oportunidad, es necesario implementar una agenda estratégica de investigación agropecuaria que permita enfrentar esos desafíos. Parte de esa agenda se basa en el aprovechamiento de la tecnología existente, tanto la directamente vinculada a la agricultura como la de base científica más general, que podría extenderse a los países que aún no tienen acceso a ella mediante la colaboración científica internacional.
- En ese contexto, es esencial considerar cómo se vincula el vertiginoso progreso de los paradigmas tecnoeconómicos con las innovaciones y desarrollos científicos en la agricultura.
- La Internet de las cosas implica la capacidad de que objetos, máquinas y personas interactúen remotamente a través de la red en cualquier lugar y tiempo, gracias a la convergencia de tecnologías. En la década de 1990, la Internet fija conectó a 1.000 millones de usuarios mediante computadoras personales. En la década de 2000, la Internet móvil conectó a más de 2.000 millones de usuarios mediante teléfonos inteligentes. En 2020, se proyecta que la Internet de las cosas conectará 28.000 millones de objetos, desde bienes de consumo personal, como relojes inteligentes, hasta automóviles, equipos para el

hogar y maquinaria industrial. La implementación de la Internet de las cosas tiene impactos disruptivos en todos los sectores y genera cambios profundos en los procesos económicos y sociales, en particular en la generación de empleos.

- La mayor disrupción tendrá lugar en la digitalización de los servicios, siendo los sectores más afectados los de manufacturas, transporte y almacenamiento, información, comercio, salud y finanzas. Esto se observa con claridad en las inversiones que realizan o esperan realizar las diferentes industrias en esta tecnología. Sin embargo, el sector silvoagropecuario está rezagado si se considera el crecimiento de las inversiones en otros sectores económicos que se proyecta para el año 2019.
- Con el desarrollo de la Internet de las cosas, se abren también oportunidades para el emprendimiento y la innovación en el mundo agrícola. Hoy la Internet de las cosas se relaciona cada vez más con la agricultura inteligente (*smart farming*), en la que se encuentran, por un lado, aplicaciones de bajo costo, rápida implementación y fácil uso, para ser usadas en la pequeña y mediana agricultura, y, en el lado opuesto, sistemas sofisticados de alto costo, intensivos en el uso de TIC en todas las fases (recopilación, procesamiento e interpretación de datos) y la aplicación de variables a través del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y de sistemas de información geográfica (SIG); es el caso de la agricultura de precisión, que se dirige principalmente hacia los grandes productores.

### ■ Diagrama VI.1 ■

#### Innovaciones en TIC: Internet de las cosas y desarrollo agrícola



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2015.

**VII. Ecoinnovación: un espacio para aprovechar las oportunidades de los nuevos modelos globales de consumo y producción sostenible**



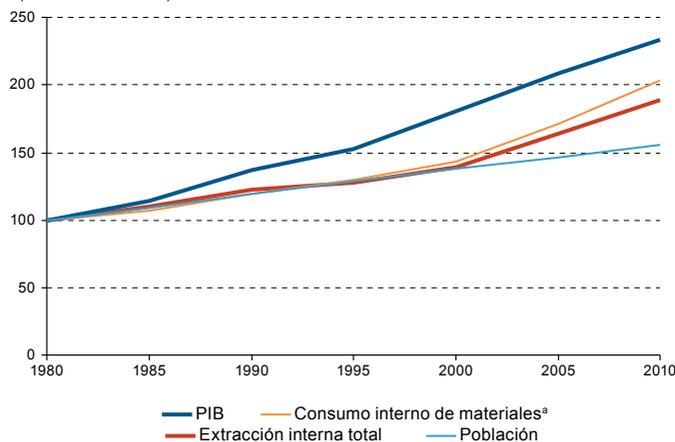
## A. Es preciso aumentar la productividad de los materiales en América Latina y el Caribe

- A partir de la idea de un crecimiento económico no material (CEPAL, 2006), surge el concepto de desacoplamiento, que implica reducir el uso de recursos (materias primas, energía, agua y tierra) por unidad de actividad económica, incrementando la eficiencia productiva y reduciendo los impactos ambientales perjudiciales. Para generar un desacoplamiento de impacto, se debe aumentar la productividad del consumo de materiales por encima de la tasa de crecimiento de la economía (PNUMA, 2011).
- A nivel mundial, se mantienen las presiones sobre el medio ambiente debido al crecimiento sostenido del consumo de recursos renovables y no renovables. La cantidad de materiales extraídos, cosechados y consumidos en todo el mundo alcanzó cerca de 72.000 millones de toneladas métricas por año en 2010, el doble que en 1980. Se proyecta que el uso de materiales seguirá creciendo de acuerdo con la actividad económica y llegará a 100.000 millones de

toneladas métricas en 2030. En este marco, es primordial generar estrategias de desmaterialización de las economías con el fin de reducir el consumo de recursos y disminuir el impacto ambiental.

- Si bien el uso de materiales sigue creciendo en términos absolutos a nivel mundial, se han realizado progresos en la disociación de la extracción de materiales, su consumo y el crecimiento económico, especialmente en países desarrollados. En las economías de América Latina y el Caribe, estos procesos no tienen la misma tendencia, pues se observa una clara correlación entre la actividad económica y el consumo material. En este contexto, los países de la región se enfrentan al reto de aprovechar las oportunidades que ofrecen los nuevos modelos de consumo, más respetuosos con el medioambiente, que impulsan procesos de cambio tecnológico y permiten hacer frente a las presiones cada vez mayores sobre los recursos naturales.

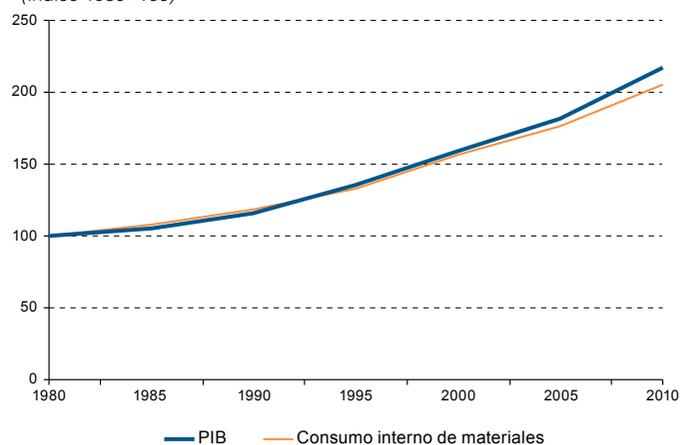
■ **Gráfico VII.1** ■  
**Tendencias mundiales del consumo y la extracción de materiales, del PIB y de la población, 1980-2010**  
*(Índice 1980=100)*



**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de "Material flow data" [base de datos en línea] <http://www.materialflows.net/home/>.

■ El consumo interno de materiales se define como la cantidad anual de materias primas extraídas del territorio nacional más todas las importaciones físicas menos todas las exportaciones. Incluye: biomasa y sus productos; minerales metálicos y concentrados crudos y procesados; minerales no metálicos, crudos y procesados; recursos del petróleo, crudos y procesados; otros productos, y residuos importados para tratamiento y disposición final.

■ **Gráfico VII.2** ■  
**América Latina y el Caribe: tendencias del consumo de materiales y del PIB, 1980-2010**  
*(Índice 1980=100)*

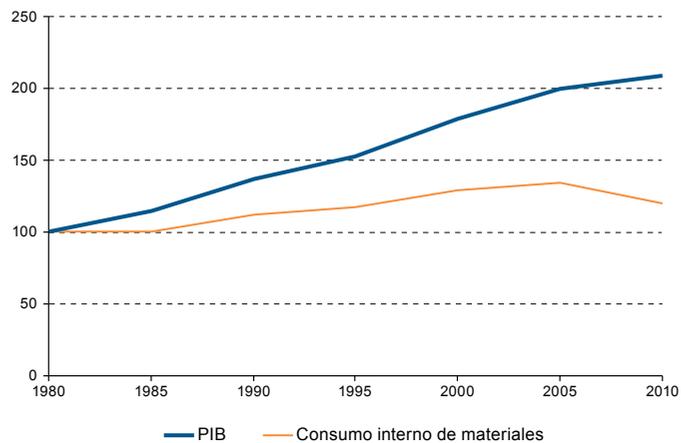


**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de "Material flow data" [base de datos en línea] <http://www.materialflows.net/home/>.

■ Gráfico VII.3 ■

**Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE): tendencias del consumo de materiales y del PIB, 1980-2010**

(Índice 1980=100)



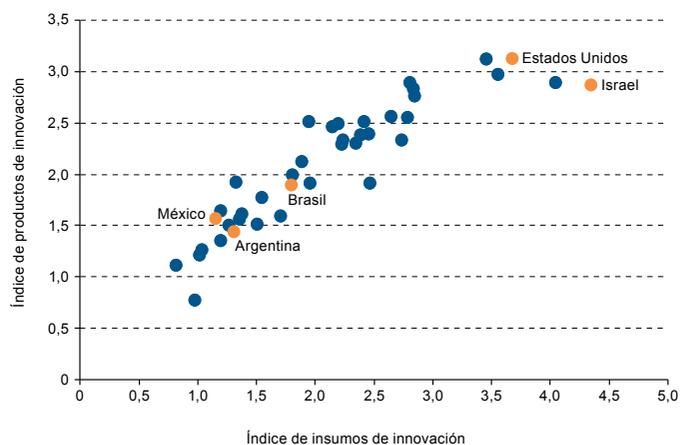
**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de "Material flow data" [base de datos en línea] <http://www.materialflows.net/home/>.

## B. El entorno para promover la innovación ambiental en la región es débil

- La generación y difusión de tecnologías limpias y modelos productivos más sostenibles pueden desencadenar procesos de cambio tecnológico y nuevos ciclos de innovación. En este contexto, el capital humano y el desarrollo científico y tecnológico son insumos fundamentales.
- El índice global de innovación en tecnologías limpias refleja el potencial de los países para producir emprendimientos basados en tecnologías limpias que puedan comercializarse de forma exitosa. Para obtenerlo, se evalúa el estado de 40 países sobre la base de 15 indicadores relacionados con la creación de nuevas empresas de tecnologías limpias y con la comercialización y el desarrollo de innovaciones. En 2014, el Brasil, la Argentina y México figuraron, respectivamente, en las posiciones 25, 32 y 36 del índice. Si se revisa la composición de los subíndices de estos países en comparación con la media mundial, se pueden observar algunas tendencias e identificar las falencias del entorno innovador en la región.
- En el caso de la Argentina, resalta la actividad emprendedora en etapas tempranas, pero su calificación es inferior a la media en términos de los insumos generales de innovación. El país se destaca solo en la comercialización de tecnologías limpias si se tienen en cuenta los altos ingresos de las empresas del sector, pero carece de empresas públicas más avanzadas. El Brasil tiene índices inferiores a la media en el caso de los insumos generales de innovación y producción de tecnologías limpias, pero está entre los tres primeros lugares en la comercialización de innovaciones, principalmente debido a su industria de biocombustibles. Sin embargo, carece de innovación en el ámbito de las tecnologías limpias, cuenta con pocas patentes y registra

una baja inversión de capital de riesgo. México se ubica por debajo de la media en todos los indicadores, excepto en los insumos generales de la innovación, que son impulsados por una fuerte cultura empresarial y nuevos incentivos fiscales. Se espera que las nuevas políticas del gobierno dirigidas a impulsar el sector y el mayor presupuesto para la investigación y el desarrollo mejoren el acceso al financiamiento y la inversión. La reducida inversión de capital de riesgo y la falta de empresas de alto perfil explican la baja puntuación del país en materia de innovación en tecnologías limpias.

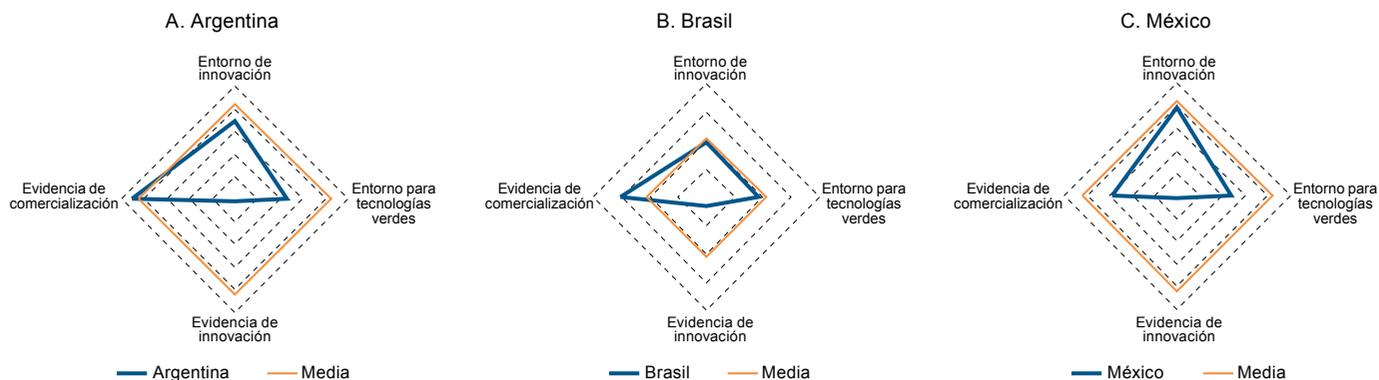
■ Gráfico VII.4 ■  
Índice global de innovación en tecnologías limpias, 2014



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de M. Parad, *The Global Cleantech Innovation Index Report 2014*, 2014.

■ **Gráfico VII.5** ■

**Argentina, Brasil y México: índice global de innovación en tecnologías limpias, 2014**



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de M. Parad, *The Global Cleantech Innovation Index Report 2014*, 2014.

■ **Cuadro VII.1** ■

**Composición del índice global de innovación en tecnologías limpias, 2014**

Insumos para la innovación		Productos de innovación	
Entorno de innovación	Entorno de innovación específico para tecnologías limpias	Evidencia de producción de innovación en tecnologías limpias	Evidencia de comercialización de tecnologías limpias
i) Insumos para la innovación	i) Políticas gubernamentales	i) Financiamiento privado en fases tempranas	i) Ingresos de empresas
ii) Cultura emprendedora	ii) Gasto público en I+D	ii) Empresas de alto impacto	ii) Consumo de energía renovable
	iii) Acceso al financiamiento privado	iii) Patentes ambientales	iii) Inversión en fases avanzadas de desarrollo
	iv) Infraestructura para las energías renovables		iv) Empresas de tecnología limpia que cotizan en bolsa
	v) Organizaciones de la industria de tecnologías limpias		v) Empleados

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de M. Parad, *The Global Cleantech Innovation Index Report 2014*, 2014.

## C. Si bien las patentes ambientales han tenido un crecimiento importante, aún son escasas en la región

- La producción de patentes ambientales brinda una medida de la I+D de un país en esa esfera y de su capacidad para desarrollar tecnologías vinculadas al cuidado del medioambiente. Si se observa la producción de patentes ambientales de América Latina entre el año 2000 y el promedio del período 2010-2012, se advierte que tuvo un crecimiento significativo y de mayor magnitud que el correspondiente al total de patentes. No obstante, la cantidad de patentes ambientales de la región representan tan solo el 0,6% del total mundial. Si se analizan los datos por país, se observa que México es el que más tecnologías limpias ha patentado entre 2000 y 2012, seguido de cerca por el Brasil. La Argentina se encuentra en el tercer lugar y a continuación se ubican Chile, Colombia, el Perú, Venezuela (República Bolivariana de) y Costa Rica.
- Los principales tipos de tecnologías limpias patentadas por los países de América Latina desde el año 2000 han sido las de gestión ambiental, seguidas por las de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la generación, transmisión o distribución de energía; en una menor proporción, se encuentran las tecnologías de reducción de emisiones de GEI en el sector de transporte, las destinadas a la adaptación al cambio climático en el sector hídrico, las tecnologías de reducción de emisiones de GEI en el sector de la construcción y, por último, las tecnologías para la captura, el almacenamiento o la eliminación de GEI.

### ■ Cuadro VII.2 ■

**Cantidad de patentes y de patentes ambientales otorgadas<sup>a</sup>, 2000-2012**

Región	2000			2005			Promedio de 2010-2012		
	Total de patentes	Total de patentes ambientales	Patentes ambientales (en porcentajes del total de patentes)	Total de patentes	Total de patentes ambientales	Patentes ambientales (en porcentajes del total de patentes)	Total de patentes	Total de patentes ambientales	Patentes ambientales (en porcentajes del total de patentes)
Mundo	439 887	23 490	5	625 549	37 533	6	600 615	55 797	9
Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)	396 790	21 466	5	485 894	30 320	6	505 971	49 585	10
América Latina (19 países <sup>b</sup> )	1 232	60	5	1 920	146	8	3 311	329	10

**Fuente:** V. Gutman y A. López, "Capacidades para la innovación ambiental en América Latina", documento preparado para el proyecto "Hacia un conjunto de indicadores para una producción más verde", Santiago, 2016, inédito, sobre la base de OECD Stat [base de datos en línea] <http://stats.oecd.org/>.

<sup>a</sup> Las patentes ambientales incluyen un espectro amplio de tecnologías relacionadas con el cuidado del medio ambiente y el agua y la mitigación del cambio climático.

<sup>b</sup> Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela (República Bolivariana de).

### ■ Cuadro VII.3 ■

**América Latina: tipos de tecnologías limpias patentadas, 2000-2012**

(En porcentajes del total de patentes ambientales)

Tipo de tecnología limpia	2000	2005	Promedio de 2010-2012
Tecnologías de gestión ambiental	61,93	57,00	48,39
Tecnologías de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la generación, transmisión o distribución de energía	12,83	27,32	29,6
Tecnologías de reducción de emisiones de GEI en el transporte	11,55	7,90	7,84
Tecnologías para la adaptación al cambio climático en el sector hídrico	6,84	1,38	7,68
Tecnologías de reducción de emisiones de GEI en la construcción	5,55	6,40	5,46
Tecnologías para captura, almacenamiento o eliminación de GEI	1,28	0,00	1,03

**Fuente:** V. Gutman y A. López (2016), "Capacidades para la innovación ambiental en América Latina", documento preparado para el proyecto "Hacia un conjunto de indicadores para una producción más verde", Santiago, 2016, inédito, sobre la base de OECD Stat [base de datos en línea] <http://stats.oecd.org/>.

## D. Se observa un crecimiento acelerado de las certificaciones ambientales en las empresas de la región

- Las certificaciones ambientales pueden constituir un indicador del grado de adopción de prácticas de gestión ambiental en las empresas y, por ende, una aproximación a la prioridad de las políticas ambientales en el sector productivo. Según los datos proporcionados por la Organización Internacional de Normalización (ISO) acerca de las certificaciones en la norma sobre sistemas de gestión ambiental (ISO 14001), se observa un crecimiento elevado de la cantidad de certificaciones en América del Sur y Centroamérica entre los períodos 2000-2004 y 2010-2014, de un 430%, cifra muy

cercana al promedio mundial (439%) pero inferior a la de otras regiones como Asia Central y Meridional (680%), Oriente Medio (655%) y Asia Oriental y el Pacífico (588%). La participación regional en el total de certificaciones se mantiene estable (3%) y se advierte un crecimiento acelerado de la participación relativa de Asia Oriental y el Pacífico. En cuanto a las cifras nacionales de la región, Colombia cuenta con la mayor cantidad de certificaciones ISO 14001, alcanzando a representar el 30,2% del total, seguida por el Brasil, México y la Argentina.

### ■ Cuadro VII.4 ■

#### Certificaciones en la norma ISO 14001, 2000-2014

Región	Promedio de 2000-2004		Promedio de 2005-2009		Promedio de 2010-2014		Incremento de 2000-2004 a 2010-2014 (en porcentajes)
	Cantidad	Porcentajes del total mundial	Cantidad	Porcentajes del total mundial	Cantidad	Porcentajes del total mundial	
África	480	1	1 271	1	2 117	1	341
América del Sur y Centroamérica <sup>a</sup>	1 796	3	4 692	3	9 519	3	430
América del Norte <sup>b</sup>	3 745	7	6 659	4	7 219	3	93
Asia Oriental y el Pacífico	21 144	40	76 317	47	145 520	51	588
Asia Central y Meridional	714	1	3 049	2	5 569	2	680
Europa	24 588	47	67 242	42	111 829	39	355
Oriente Medio	393	1	1 870	1	3 008	1	665
Total	52 860	100	161 100	100	284 781	100	439

Fuente: V. Gutman y A. López (2016), "Capacidades para la innovación ambiental en América Latina", documento preparado para el proyecto "Hacia un conjunto de indicadores para una producción más verde", Santiago, 2016, inédito, sobre la base de información de la Organización Internacional de Normalización (ISO).

<sup>a</sup> Incluye a México.

<sup>b</sup> Incluye al Canadá y los Estados Unidos.

## ■ Cuadro VII.5 ■

**América Latina: cantidad de certificaciones en la norma ISO 14001, 2014**

País o territorio	Número de certificaciones	Porcentajes
Colombia	3 453	30,2
Brasil	3 222	28,1
México	1 452	12,7
Argentina	1 341	11,7
Chile	967	8,4
Perú	353	3,1
Ecuador	189	1,7
Uruguay	147	1,3
Costa Rica	91	0,8
Bolivia (Estado Plurinacional de)	52	0,5
Honduras	35	0,3
Rep. Dominicana	32	0,3
Puerto Rico	25	0,2
Guatemala	22	0,2
Panamá	21	0,2
El Salvador	16	0,1
Cuba	14	0,1
Paraguay	11	0,1
Nicaragua	8	0,1
Total	11 451	100

**Fuente:** V. Gutman y A. López (2016), "Capacidades para la innovación ambiental en América Latina", documento preparado para el proyecto "Hacia un conjunto de indicadores para una producción más verde", Santiago, 2016, inédito, sobre la base de información de la Organización Internacional de Normalización (ISO).

## E. El marco regulatorio y la política ambiental deben combinarse con las políticas de ciencia, tecnología e innovación para impulsar la innovación ecológica

- La discusión principal en la economía de la innovación se enfoca en entender los factores que promueven la innovación tecnológica y si estos son impulsados por el desarrollo tecnológico (*technology push*) o por factores de demanda (*market pull*). Parte de la evidencia empírica ha demostrado que ambos aspectos son relevantes, sin embargo, se observa que el marco regulatorio y, en especial, la política ambiental tienen un fuerte impacto en la innovación ecológica.
- Las innovaciones ecológicas, a diferencia de otras tecnologías como la microelectrónica y las telecomunicaciones, normalmente no se imponen por sí solas, dado que los factores de empuje tecnológico y de mercado no suelen ser suficientemente significativos. Los estudios existentes sobre la región evidencian la importancia de las regulaciones para la promoción de las prácticas ambientales, sobre todo en materia de pymes. Asimismo, es necesario indicar que la literatura también reconoce que las regulaciones que prohíben o fijan estándares a determinadas actividades tienden a tener consecuencias sobre el desarrollo de tecnologías de etapa final que, si bien reducen el impacto ambiental, no necesariamente promueven una mayor eficiencia en el uso de recursos. Contrariamente, los incentivos económicos pueden traducirse de manera más efectiva en innovaciones sobre los procesos productivos, organizacionales o de comercialización.
- En general, las tecnologías de producción actuales constituyen solo uno de los posibles caminos tecnológicos, pero una vez que se ha optado por este camino no resulta fácil cambiarse a otra trayectoria tecnológica con otras características.
- Los costos de cambiar a una tecnología menos contaminante pueden ser muy elevados y requerir de la intervención pública (Rovira e Hiriart, 2015). Al respecto, existen dos políticas complementarias que podrían ser útiles para avanzar hacia la incorporación de tecnologías menos contaminantes en las empresas:
  - la gestión estratégica de nichos, que se refiere a la creación, desarrollo, difusión y eliminación controlada de espacios protegidos para el desarrollo y utilización de tecnologías prometedoras a través de la experimentación, y
  - el enfoque de gestión de las transiciones, que fomenta las transiciones sostenibles de aquellas empresas que requieran innovación sistémica en la producción y el consumo.

### ■ Cuadro VII.6 ■

#### América Latina: literatura reciente sobre innovación ambiental

País	Estudio	Lugar y tamaño de la muestra	Principales resultados
Argentina	Centro de Investigación para la Transformación (CENIT) (2015), "Pymes y reconversión ambiental: el análisis econométrico"	Buenos Aires, 200 empresas, 2013-2015	Las principales motivaciones para realizar actividades de gestión ambiental son: i) cumplir con las regulaciones ambientales locales; ii) mejorar la imagen empresarial; iii) reducir costos, y iv) satisfacer exigencias del mercado.
Perú	Grupo GEA/Centro de Ecoeficiencia y Responsabilidad Social (CER) (2015), "Enverdeciendo a pequeñas y medianas empresas: su impacto en la competitividad y el empleo en Lima Metropolitana"	Lima, muestra de 307 empresas de 22 subsectores manufactureros	El 70% de las empresas solo implementan innovaciones en respuesta a exigencias externas, principalmente regulaciones y presiones sociales.
Brasil	Maçaneiro, M., S. da Cunha y Z. Balbinot (2013), "Drivers of the Adoption of Eco-Innovations in the Pulp, Paper, and Paper Products Industry in Brazil"	Todas las regiones del Brasil, industria de pulpa, papel y productos de papel, encuesta a 117 empresas	Las regulaciones ambientales son el principal determinante de la adopción de estrategias de innovación ambiental.
Venezuela (República Bolivariana de)	Fernández-Viñé, M., T. Gómez-Navarro y S. Capuz-Rizo (2010), "Eco-efficiency in the SMEs of Venezuela. Current status and future perspectives"	Región central, 54 pymes	Las pymes son en general reactivas, siendo el cumplimiento con las regulaciones ambientales la principal motivación para realizar actividades de gestión ambiental.

**Fuente:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de V. Gutman y A. López, "Capacidades para la innovación ambiental en América Latina", documento preparado para el proyecto "Hacia un conjunto de indicadores para una producción más verde", Santiago, 2016, inédito.

## VIII. Reflexiones finales



- La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible implica la consecución conjunta de diferentes objetivos, en particular, avanzar en el crecimiento económico y en el desarrollo social y ambiental, para lo cual es fundamental lograr el pleno empleo, promover la industrialización inclusiva y fomentar la innovación, considerando los efectos sobre el cambio climático y los impactos medioambientales.
- El cambio climático afectará de forma más directa y significativa a los más pobres, que carecen de servicios básicos y de salud, dependen más de los recursos naturales como medio de sustento y tienen menor acceso a la tecnología y los recursos financieros necesarios para la adaptación. Los hogares más afectados son también los que enfrentan más dificultades para recuperarse de las pérdidas, de modo que los desastres naturales tienen impactos de largo plazo en la salud, la educación, la nutrición y la productividad, y contribuyen a la persistencia de la pobreza y la desigualdad (CEPAL, 2016).
- Asimismo, las nuevas tecnologías son cruciales para responder a los desafíos de una población cada vez más envejecida y concentrada en grandes ciudades. En particular, la Internet de las cosas puede mejorar la provisión de servicios de salud y posibilitar la construcción de ciudades inteligentes, ambientalmente sostenibles e integradas. Forma parte de una nueva frontera schumpeteriana para la innovación y el cambio estructural, que tiene estrechas sinergias con los objetivos de la igualdad y el cuidado del medio ambiente.
- Para cerrar la brecha de productividad entre los países de la región y el mundo desarrollado, se requiere incorporar a la estructura productiva de los países rezagados actividades y sectores con más intensidad tecnológica, mayores derrames de conocimiento y encadenamientos productivos que les permitan crecer y mejorar los niveles de vida de la población.
- Las tecnologías digitales son un elemento fundamental para avanzar en dicha dirección. La convergencia entre dispositivos, aplicaciones, redes y plataformas basados en Internet es un factor clave en el crecimiento económico y la competitividad: hoy la economía mundial es una economía digital. Durante los últimos años, estas tecnologías han experimentado un crecimiento exponencial, alcanzando una difusión sin precedentes en América Latina y el Caribe: el 51% de sus habitantes usaban Internet en 2014.
- En la actualidad, la Internet de las cosas es una de las principales formas de avanzar hacia la mayor transformación de las economías; se aplica en diversas áreas económicas, sociales y ambientales, y ha dado lugar a importantes avances en los sectores de la salud (aplicaciones de monitoreo, dispensadores de medicina y telemedicina), la industria manufacturera (robotización, fabricación avanzada y servicios máquina a máquina (M2M) de próxima generación), la energía, el transporte, los recursos naturales y las redes eléctricas inteligentes, todos claramente vinculados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (CEPAL, 2015). En este marco, los patrones de consumo y producción están cambiando con rapidez, lo que es desafiante para la región latinoamericana, en la cual la producción de las nuevas tecnologías es fundamentalmente exógena.
- Así, la competitividad y el crecimiento de los países dependerán de su integración al ecosistema digital mundial. Esto los obligará a mejorar su infraestructura, el capital humano y el entorno empresarial, definir estándares globales, regular los flujos de datos, proteger los derechos de propiedad intelectual y defender la seguridad y privacidad de los usuarios. Estos temas deberían abordarse con una visión regional. La constitución de un mercado digital común para América Latina y el Caribe permitiría impulsar y consolidar la expansión de la economía digital y el desarrollo de actividades relacionadas (CEPAL, 2015).
- Para poder avanzar hacia nuevos modelos de desarrollo, es cada vez más relevante el rol de la ciencia, la tecnología, la innovación y el desarrollo de la economía digital. La bonanza experimentada en la última década en el aspecto económico en los países de América Latina y el Caribe no se tradujo en ganancias de productividad y, si bien hubo importantes progresos en la esfera social, la única forma de mantener estos logros y seguir avanzando hacia sociedades más justas e incluyentes es redoblando los esfuerzos en materia de ciencia, tecnología e innovación a fin de facilitar la transferencia y construcción de capacidades tecnológicas e institucionales.
- La creación de capacidades requiere de nuevos instrumentos orientados a facilitar el acceso a la tecnología por parte de las firmas locales, en particular las de menor tamaño. Uno de ellos es el establecimiento de un fondo que compre

y libere patentes relevantes desde la perspectiva de la sostenibilidad. La reducción de los costos de adquisición de tecnología puede tener un gran efecto si opera en un mercado regional integrado. Esta iniciativa debe ser acogida por las instituciones regionales y su implementación puede recibir insumos positivos de las experiencias de los fondos públicos o privados que adquieren patentes y las licencian a sus miembros, lo que reduce los costos de transacción y de litigios (CEPAL, 2016).

- El cambio estructural progresivo implica que la economía avance por un sendero de crecimiento bajo en carbono, con el desacople entre la producción y las emisiones. Esto demanda el desarrollo de capacidades tecnológicas e innovaciones con foco en la sostenibilidad. El gran impulso ambiental es un esfuerzo concentrado de inversiones coordinadas para redefinir los patrones de producción y consumo, basado en el aprendizaje y la innovación.
- Si bien pueden ser difíciles de implementar (sobre todo para las pymes), las innovaciones ambientales pueden transformarse en activos competitivos: son regulaciones que terminan favoreciendo la competitividad. Por ello, la CEPAL considera que la problemática ambiental abre una gran oportunidad para una transformación tecnológica y productiva que sea la base de la generación de empleos de calidad. La creación de centros nacionales de análisis, seguimiento y evaluación de la implementación de los compromisos de contribuciones previstas determinadas a nivel nacional facilitarían la consecución de estos objetivos.
- Nuevas oportunidades de diversificación productiva surgen de la aplicación de las tecnologías de la información a la producción y del aumento de la densidad del tejido industrial al redefinir las tecnologías en uso y la matriz energética. Algunos ejemplos son la gestión de ciudades inteligentes, la expansión del transporte masivo, el procesamiento de la biodiversidad, el desarrollo de los biomateriales y la bioeconomía, los productos con etiquetados ambientales y la producción de energías renovables, con el consiguiente desarrollo de sus cadenas de valor.
- Para aprovechar el gran potencial de estas tecnologías, es necesario fortalecer las capacidades de los recursos humanos, promover un mayor involucramiento del sector

productivo con la innovación y el desarrollo tecnológico, articular políticas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en áreas estratégicas y fomentar las pymes de base tecnológica mediante la creación de capacidades, la reducción de las barreras de entrada a mercados concentrados y financiamiento, y la promoción de marcos regulatorios en ámbitos como la bioseguridad y los biorriesgos, y la protección de la biodiversidad, entre otras medidas.

- El esfuerzo de coordinación implícito en el gran impulso ambiental requiere de una nueva generación de políticas y un nuevo sistema institucional. En primer lugar, es necesario formular políticas cuya puesta en marcha sea posible con las capacidades institucionales de que disponen los países o las que puedan desarrollar en el corto plazo. En segundo término, las políticas se deben encarar desde una perspectiva más operativa, en la que los enfoques de cadena productiva faciliten la interacción con el sector empresarial, la incorporación de la dimensión territorial y la articulación entre sectores, así como la difusión del conocimiento y la generación de encadenamientos. En tercer lugar, la dinámica empresarial exige poner en marcha políticas de defensa de la competencia combinadas con instituciones orientadas a fortalecer las buenas prácticas en los gobiernos corporativos, protegiendo a la vez los intereses de los inversionistas internos y externos, de forma de potenciar la generación y transferencia tecnológica y del conocimiento.
- Por otra parte, en un mundo donde las economías de escala y de alcance son cada vez más importantes para determinar las posibilidades de cerrar las brechas tecnológicas, es fundamental impulsar acciones de cooperación bilateral o multilateral para la generación, el desarrollo y la consolidación de capacidades científicas y tecnológicas y de procesos de innovación productiva y articulación institucional. Por lo tanto, la puesta en marcha de proyectos regionales es clave para identificar potenciales áreas de interés para la cooperación en ciencia, tecnología e innovación, las que pueden a su vez generar importantes sinergias con otros espacios regionales de cooperación que están en proceso en la región o ser retomadas por esos proyectos para fortalecer el desarrollo científico y tecnológico (CEPAL, 2014).

## Bibliografía

- Banco Mundial (2014), Global Finance Inclusion Database [en línea], <http://documents.worldbank.org/curated/en/187761468179367706/pdf/WPS7255.pdf#page=3> [fecha de consulta: agosto de 2016].
- CAF/CEPAL/OCDE (Banco de Desarrollo de América Latina/Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2013), *Perspectivas económicas de América Latina 2014: logística y competitividad para el desarrollo* (LC/G.2575), París.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2016), *Horizontes 2030: la igualdad en el centro del desarrollo sostenible* (LC/G.2660/Rev.1), Santiago.
- (2015), *La nueva revolución digital: de la Internet del consumo a la Internet de la producción* (LC/L.4029 (CMSI.5/4)), Santiago.
- (2014), “La integración productiva latinoamericana mediante proyectos regionales en ciencia, tecnología e innovación”, *Documentos de Proyecto* (LC/W.599), Santiago.
- (2006), “Las pymes en el mercado de bienes y servicios ambientales: identificación de oportunidades, políticas e instrumentos: estudios de caso de Argentina, Chile, Colombia y México”, *Documentos de Proyecto* (LC/W.42), Santiago.
- Cisco (2015), “VNI Complete Forecast Highlights Tool” [en línea] [http://www.cisco.com/c/m/en\\_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights.html](http://www.cisco.com/c/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights.html) [fecha de consulta: agosto de 2016].
- eMarketer (2015), *Worldwide Retail Ecommerce Sales: Emarketer's Updated Estimates and Forecast Through 2019*.
- Gutman, V. y A. López (2016), “Capacidades para la innovación ambiental en América Latina”, documento preparado para el proyecto “Hacia un conjunto de indicadores para una producción más verde”, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), inédito.
- IDC (2016), “Informe técnico. Destrezas en materia de redes en América Latina”, mayo [en línea] <http://csrinfo.cisconetspace.com/rs/059-VFZ-834/images/Cisco-Skills-Gap.pdf?pdf=Skills-Gap>.
- McDermott, K. y Payvision (2015), *Key Business Drivers and Opportunities in Cross-Border Ecommerce* [en línea] <http://hollandfintech.com/wp-content/uploads/2015/11/key-business-drivers-and-opportunities-2015.pdf>.
- McDougall, P. (2016), *The Cost of New Agrochemical Product Discovery, Development and Registration in 1995, 2000, 2005-8 and 2010 to 2014 and R&D Expenditure in 2014 and Expectations for 2019*, European Crop Protection Association, marzo.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2015), *OECD Digital Economy Outlook 2015*, París.
- (2013), *Start-up Latin America: Promoting Innovation in the Region*, París.
- Parad, M. (2014), *The Global Cleantech Innovation Index Report 2014* [en línea] <http://www.cleantech.com/indexes/the-global-cleantech-innovation-index/2014-report/>.
- Pardey, P.G. y otros (2015), *Global Food and Agricultural R&D Spending, 1960-2009: The InStePP R&D Series*, Saint Paul, Universidad de Minnesota.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2011), *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*.
- Rovira, S. y C. Hiriart (2015), “Innovación sustentable: espacios para mejorar la competitividad de las pymes argentinas”, *Documentos de Proyecto* (LC/W.622), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Stads, G. y otros (2016), *Agricultural Research in Latin America and the Caribbean: A Cross-Country Analysis of Institutions, Investment, and Capacities*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), abril.
- Statista (2016), “E-commerce in Latin America”, *Statista Dossier*, noviembre.

- Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press.
- TAS (Telecom Advisory Services) (2015), *The Ecosystem and Digital Economy in Latin America*.
- Tellis, G. (2016), "2016 Startup Index of Nations, Cities: (Startups Worth \$1 Billion or More: 'Unicorns')" [en línea] <https://www.marshall.usc.edu/sites/default/files/PDF/Unicorn-Index-Report-GT17.pdf>.
- UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) (2016), World Telecommunications Indicators Database [fecha de consulta: julio de 2016].
- UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo) (2015a), *Examen de la armonización de la ciberlegislación en América Latina y el Caribe* (UNCTAD/DTL/STICT/2015/4), Ginebra.
- \_\_\_\_\_(2015b), *Informe sobre la Economía de la Información* (UNCTAD/IER/2015), Ginebra.
- UPU (Unión Postal Universal) (2015), *Measuring Postal E-Services Development. A Global Perspective*, Berna.
- WEF (Foro Económico Mundial) (2016), *The Future of Jobs* [en línea] [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf).
- WU (Universidad de Viena de Economía y Empresa) (2016), WU Global Material Flows Database [en línea] <http://www.materialflows.net/home/> [fecha de consulta: agosto de 2016].

Las trayectorias tecnológicas son inseparables de las del empleo y la producción y es fundamental pensar en los tipos de innovación que atienden mejor en la región los tres objetivos de crecimiento económico, inclusión social y sostenibilidad ambiental planteados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

La posición de cada país en la economía internacional depende de su capacidad para absorber conocimientos y acortar la brecha con la frontera tecnológica. ¿Cuál es la situación de América Latina y el Caribe en ese campo? Lamentablemente, si bien hay avances, los indicadores del esfuerzo innovador y el acceso a la tecnología, que son algunos de los aspectos que se abarcan en el presente documento, no son favorables. También es débil el posicionamiento de nuestros países en cuanto a la capacidad para absorber conocimientos en los nuevos paradigmas tecnológicos —en especial en las tecnologías de propósito general, que permean e impactan al conjunto del sistema productivo— y participar en su creación.

Estos son algunos de los retos a los que se enfrenta nuestra región y a cuya solución intentamos contribuir, mediante la identificación de políticas públicas que permitan transitar por senderos de desarrollo más inclusivos y sostenibles.

La CEPAL pone la presente publicación a disposición de los Gobiernos y ciudadanos de los países de América Latina y el Caribe con la finalidad de brindar un panorama de los principales elementos que tienen relación con la ciencia, la tecnología y la innovación, en el contexto del avance de la Internet industrial y la agricultura y manufactura avanzadas.