

DESARROLLO PRODUCTIVO

Capital humano para la transformación digital en América Latina

Raúl L. Katz



DESARROLLO PRODUCTIVO

Capital humano para la transformación digital en América Latina

Raúl L. Katz



Este documento fue elaborado por Raúl L. Katz, Consultor de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), con la coordinación de Edwin Fernando Rojas, Asistente Superior de Asuntos Económicos de la misma División.

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).

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN: 1680-8754 (versión electrónica)

ISSN: 1020-5179 (versión impresa)

LC/TS.2018/25

Distribución: Limitada

Copyright © Naciones Unidas, marzo de 2018. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago

S.18-00265

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones@cepal.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen	5
I. Definiendo el problema de la brecha de capital humano	7
A. Marco de análisis	7
1. Diferencia entre tecnologías digitales maduras y tecnologías avanzadas	7
B. Metodología de análisis.....	9
II. Argentina	11
III. Brasil	15
IV. Chile	17
V. Colombia	19
VI. México	21
VII. Perú	23
VIII. Uruguay	25
IX. Analisis comparado	27
X. Implicancias de política pública	33
A. Promoción de la demanda	33
B. Desarrollo de oferta de programas en tecnologías digitales avanzadas.....	35
Bibliografía	37
Serie Desarrollo Productivo: Números publicados	38

Cuadros

Cuadro 1	Digitalización: innovación tecnológica, adopción e impacto	8
Cuadro 2	Categorización de cursos.....	10
Cuadro 3	Argentina: ejemplo de Programas ofrecidos en dos Universidades	11
Cuadro 4	Argentina: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales	12
Cuadro 5	Brasil: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales.....	16
Cuadro 6	Chile: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales.....	17
Cuadro 7	Colombia: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales	19
Cuadro 8	México: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales	22
Cuadro 9	Perú: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales.....	23
Cuadro 10	Uruguay: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales	26
Cuadro 11	América Latina: número de cursos de formación en tecnologías digitales avanzadas (por área).....	30
Cuadro 12	América Latina: índice de cursos de tecnologías digitales avanzadas.....	30
Cuadro 13	América Latina: profesores en programas de tecnologías digitales	31
Cuadro 14	América Latina: programas de posgrado de tecnologías digitales	31
Cuadro 15	América Latina: programas de posgrado de tecnologías digitales en las veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	31

Gráficos

Gráfico 1	América Latina: número de Universidades que ofrecen programas formales de formación en tecnologías digitales	28
Gráfico 2	América Latina: programas formales de formación en tecnologías digitales.....	28
Gráfico 3	América Latina: programas formales de formación en tecnologías digitales (diferenciando carreras cortas)	29
Gráfico 4	América Latina: número de cursos de formación en tecnologías digitales avanzadas	29
Gráfico 5	América Latina: evolución de la matrícula de educación superior (1970-2014).....	34

Diagramas

Diagrama 1	Olas de Desarrollo Tecnológico e Impacto Productivo	9
------------	---	---

Resumen

La oferta de programas de capacitación en tecnologías digitales maduras en los siete países de la región analizados en este documento es abundante, así como el número de títulos ofrecidos. La mayoría de los programas censados incluyen cursos relacionadas con robótica / control, inteligencia artificial / aprendizaje de máquinas, o *big data* / analíticos, los cuales suman un total de 7,938 cursos. El país que ofrece el número mayor de cursos en tecnologías digitales avanzadas es Brasil (3,141) y el menor, Uruguay (con 101).

Se destaca que la oferta de carreras cortas en tecnologías digitales es importante (1,088 programas registrados en Argentina, México, Brasil y Uruguay); y la oferta de cursos en tecnologías digitales avanzadas también es significativa, especialmente en el área de robótica (2,989) e inteligencia artificial (2,815), aunque los cursos en *big data* / analíticos registran un número menor (2,134);

Existe una clara brecha de oferta en los programas de capacitación de alto nivel (principalmente doctorados). Esto tiene un impacto en el nivel y recursos dedicados a investigación y desarrollo en la región, con lo que es crítico aumentar el énfasis en la creación de dichos programas. En lo que se refiere a la concentración en tecnologías de avanzada, la robótica y control tienden a concentrar la mayor parte de la oferta de capacitación.

Asimismo, se ha identificado que la educación superior en la región se caracteriza por un sistema fragmentado y diversificado, en el que los sistemas de educación superior privados prevalecen ante los públicos. En este sistema proliferan las instituciones destinadas a ofrecer programas de formación superior de forma descoordinada, sin responder a una matriz de desarrollo educativo uniforme orientada a aumentar la dotación de capital humano de los países.

I. Definiendo el problema de la brecha de capital humano

A. Marco de análisis

1. Diferencia entre tecnologías digitales maduras y tecnologías avanzadas

La distinción entre tecnologías digitales maduras y de avanzada está basada no en su posicionamiento en el ciclo de I+D de cada categoría (es decir si ya han sido desarrolladas y están disponibles para su asimilación en procesos productivos), sino en el estado de la mismas en el proceso de adopción masiva en la infraestructura productiva. En términos generales, todo ciclo de vida tecnológico está compuesto por tres etapas: desarrollo, adopción, e impacto económico. En este sentido, una tecnología de avanzada ya puede haber sido desarrollada (al menos en sus aspectos técnicos esenciales para ser incorporada en un proceso productivo) pero todavía está transitando las etapas iniciales de adopción. La comprensión de la diferencia entre las tres etapas del ciclo de vida tecnológico puede ser ilustrada a partir del desarrollo de la digitalización de procesos productivos, como se demuestra a continuación.

De la misma manera que otras revoluciones tecnológicas como la máquina de vapor, el telégrafo y el automóvil, la digitalización evoluciona en término de “olas”¹. La primera ola estaba asociada con la introducción y adopción de tecnologías denominadas maduras, como lo son los sistemas informáticos de gestión, el procesamiento automático de datos aplicados al monitoreo de negocios, y las tecnologías de telecomunicaciones que permiten el acceso remoto a información. La segunda ola de digitalización involucró la difusión de Internet y sus correspondientes plataformas (buscadores, “marketplaces”, etc.) que permiten la vinculación entre consumidores y empresas y entre empresas para la compra de insumos y la distribución al mercado. Finalmente, la tercer ola incluye la difusión de tecnologías enfocadas en el mejoramiento de la toma de decisiones gerenciales, así como la automatización de operaciones rutinarias

¹ Katz, R. *Social and economic impact of Digital Transformation on the economy*. Paper presented at the GSR-17 of the International Telecommunications Union, Nassau, Bahamas, July 11, 2017.

llevadas adelante en la producción de bienes. La periodicidad de cada ola permite visualizar la diferencia entre ciclos de vida (ver cuadro 1).

Cuadro 1
Digitalización: innovación tecnológica, adopción e impacto

Innovación tecnológica	Desarrollo	Adopción	Impacto económico y social
1era ola: computación, banda ancha, telecomunicaciones móviles	1950 - 1975	1960 - 2000	1990 - 2010
2da ola: Plataformas de Internet, computación en la nube	1970 - 1990	1995 - en proceso	2005 - en proceso
3er ola: Internet de las Cosas, Robótica, Inteligencia Artificial, Aprendizaje de máquinas, Blockchain	1980 - en proceso	2010 - en proceso	2020 - en proceso

Fuente: Elaboración del autor.

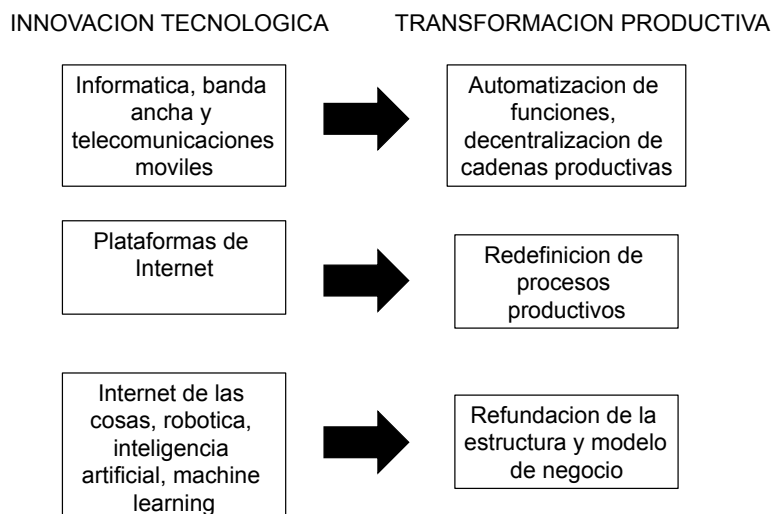
Cada ciclo ejerce un impacto creciente en los procesos productivos. La primera ola permitió la automatización de funciones discretas como el manejo de inventarios y la gestión de líneas de producción. Al mismo tiempo, el desarrollo de la banda ancha facilitó la descentralización de funciones, permitiendo la optimización en el acceso a factores de producción. A partir de ello, la empresa puede localizar funciones productivas en aquellas regiones donde se pueda acceder de mejor manera a recursos como materias primas y fuerza laboral, al tiempo que continúa manteniendo, de manera virtual, una estructura centralizada.

La segunda ola —basado en la introducción de Internet— permitió comenzar a reconfigurar procesos productivos punta a punta. Las plataformas basadas en Internet permitían optimizar el costo de acceso a materias primas en la medida de que estas reducían los costos de búsqueda de bienes y servicios al mejor precio. Al mismo tiempo, el Internet permitió desplegar canales de distribución electrónicos para llegar al consumidor, creciendo, de esta manera, el alcance y cobertura de los mercados.

Finalmente, la tercera ola —conformada por un conjunto de tecnologías llamadas de avanzada— permiten encarar una refundación de empresas tradicionales a partir de la generación de nuevos modelos de negocio, la virtualización de estadios de la cadena de valor, y una redefinición de las fronteras de eficiencia del negocio (Williamson, 1985).

Es así que cada ola de desarrollo tecnológico tiene un impacto creciente en la estructura productiva (ver diagrama 1).

Diagrama 1
Olas de Desarrollo Tecnológico e Impacto Productivo



Fuente: Elaboración propia.

En este contexto, las brechas de capital humano deben ser conceptualizadas en términos de cada ola referida, así como a la etapa considerada en su ciclo de vida. Por ejemplo, brechas de capital humano en la etapa de desarrollo se refieren a la formación limitada de investigadores involucrados en la creación de nuevos productos y servicios, mientras que la falta de capital humano en la etapa de adopción se refiere a la provisión limitada de recursos para la asimilación de tecnologías en empresas. Al más alto nivel, un investigador involucrado en el desarrollo de tecnologías digitales debe poseer un título de grado, y un posgrado de por lo menos una maestría, y mejor aún, un doctorado. Por otro lado, un profesional dedicado a la incorporación de tecnología digital en procesos productivos debe poseer una certificación de estudios de grado y quizás una maestría, aunque también puede estar calificado a partir de un título de carrera corta (como lo es una tecnicatura o certificado).

Estos conceptos genéricos debe ser adaptados a cada ola de digitalización. Por ejemplo, el capital humano requerido para la asimilación de tecnologías maduras requiere una formación en áreas básicas de informática de gestión, mientras que la incorporación de tecnologías avanzadas en la cadena productiva demanda una formación en áreas como inteligencia artificial y robótica. De esta manera, el análisis de brechas en los programas de formación de capital humano en el marco de la digitalización presentado a continuación se enfocará en cada una de las olas de innovación y etapas del ciclo de vida (es decir diferenciando desarrollo, o I+D, y adopción).

B. Metodología de análisis

El objetivo analítico de este estudio es comprender la oferta de programas de formación en carreras asociadas a la digitalización, diferenciando entre tecnologías digitales básicas y avanzadas. La ausencia de información detallada por país ha requerido la compilación de programas y cursos, procediendo de manera gradual, comenzando por el número total de universidades, Institutos Universitarios y Terciarios no Universitarios en cada país. A partir de este universo, se eliminan todas las instituciones que no ofrecen diplomas en computación, ingeniería eléctrica/electrónica, estadística² o programas similares. Una vez compilada la lista de establecimientos que ofrecen por lo menos un diploma en las disciplinas mencionadas arriba, se identificaron aquellos que incluyen cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, y *big data*/analíticos. En algunos casos donde la denominación del curso no es exacta, se realizó una inferencia de acuerdo al siguiente mapa de categorización (ver cuadro 2).

² Se incluye la disciplina de estadística dado que muchos programas de aprendizaje de máquinas son alojados en estos departamentos.

Cuadro 2
Categorización de cursos

Nomenclatura de cursos	Asignación
Control de sistemas	Robótica / control
Simulación	
Automatización	
Inteligencia de negocios	<i>Big data / analíticos</i>
Analíticos de negocio	
Marketing digital	
Data minina	
Inteligencia Artificial	Inteligencia Artificial / aprendizaje
Interacción hombre- maquina	de maquinas
Sistemas inteligentes	
Aprendizaje de maquinas	

Fuente: Elaboración propia.

Con ello, se obtuvo la lista de todos los diplomas y cursos disponibles para cada uno de los siete países en relación a esas temáticas. En muchos casos, se intentó contactar directamente al departamento o facultad requiriendo esta última información, aunque la tasa de respuesta fue muy baja.

Asimismo, se intentó también compilar el número de profesores en las disciplinas mencionadas. En algunos casos, los sitios de Internet de las Universidades o instituciones proveen esta información. Esto fue incluido en la base de datos teniendo en cuenta que, en aquellos programas donde no se obtuvieron los datos directamente en los apartados donde se brindaba la información de las cursadas, se realizó una búsqueda intensiva para su adquisición en portales oficiales vinculados³. Con ello se obtuvo la lista de todos los programas y cursos disponibles para cada país.

³ Anuarios de Universidades o Micrositios de los portales oficiales de las instituciones.

II. Argentina

Argentina posee 124 Instituciones de formación post-secundaria entre universidades, Institutos Universitarios e Institutos No Terciarios⁴. De las mismas, 82 ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica/electrónica, sistemas de información o similares. Ciertas instituciones ofrecen más de un programa. Por ejemplo, la Universidad de Buenos Aires ofrece quince programas en las disciplinas mencionadas, mientras que la Universidad de La Plata ofrece 16 (ver cuadro 3).

Cuadro 3
Argentina: ejemplo de Programas ofrecidos en dos Universidades

Ranking	Universidad	Programas
1	Universidad de Buenos Aires	Ingeniería Electricista Ingeniería Electrónica Ingeniería en Informática Ingeniería Industrial Ingeniería Mecánica Ingeniería Naval y Mecánica Licenciatura en Análisis de sistemas Especialización en Automatización Industrial Especialización en Explotación de Datos y Descubrimiento del Conocimiento Especialización en Servicios y Redes de Telecomunicaciones Especialización en Sistemas Embebidos Maestría en Automatización Industrial Maestría en Explotación de Datos y Descubrimiento del Conocimiento Maestría en Ingeniería de las Telecomunicaciones Maestría en Sistemas Embebidos

⁴ Fuente: Webometrics.info/en. Ranking Web of Universities y búsqueda del autor. (Consultado entre el 01 y el 08 de diciembre de 2017). La fuente oficial consigna 2,239 instituciones. Si embargo, un número importante de las mismas son organismos privados, apadrinados por empresas que tienen interés en formaciones específicas con el único propósito de realizar formaciones rápidas a estudiantes para insertarlos en el mercado laboral. De esto se puede desprender que podríamos estar en presencia de titulaciones inferiores aun al rango de tecnicaturas, y por ende de solo cursos de formación.

Cuadro 3 (conclusión)

Ranking	Universidad	Programas
2	Universidad Nacional de la Plata	Licenciatura en Informática Licenciatura en Sistemas Ingeniería en Computación Analista Programador Analista TIC Doctorado en Ciencias Informáticas Ingeniería Electricista Ingeniería Electromecánica Ingeniería Electrónica Ingeniería Industrial Ingeniería Mecánica Especialización en Computación Gráfica, Imágenes y Visión por Computadora Especialización en Ingeniería del Software Maestría en Ingeniería Maestría en Ingeniería del Software Maestría en Redes de Datos

Fuente: compilación del autor en base a datos oficiales.

Las 82 instituciones identificadas ofrecen un total de 443 programas⁵ en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería eléctrica/electrónica, o telecomunicaciones⁶. En este sentido, es importante mencionar que los títulos de grado como las Licenciaturas o el diploma de Ingeniero, tienen una programación igual o mayor a cuatro años, siendo los de Ingeniería los de mayor duración (5 años o más), mientras que las tecnicaturas y títulos de tecnólogos poseen una duración de entre 2 y 3 años. Asimismo, las maestrías, doctorados y especializaciones, contienen también, un tiempo de cursada de entre 2 y 3 años, aunque en algunos casos pueden requerir 4 años. Por último, existen cursos básicos con duraciones inferiores a los dos años y existen opciones que se cursan mediante la modalidad “intensiva” que poseen una duración de entre 5 y 8 meses. De estos 443 programas de nivel terciario, 402 incluyen cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, o *big data*/analíticos, los que suman 613. Al respecto, es menester considerar que dentro de aquellos programas que no registran este tipo de cursos, se encuentran gran cantidad de programas de doctorado y maestría, los cuales poseen planes de trabajo personalizables, es decir, que el plan de estudio será diagramado en base a la temática elegida por el estudiante, por lo que no se lo puede mencionar con anticipación.

Para resumir, el cuadro 4 presenta el número de cursos, asignaturas en tecnologías digitales de avanzada, así como el número de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

Cuadro 4
Argentina: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Número de cursos			Número de títulos ^a		
	Robótica/ Control	Inteligencia artificial/ML	<i>Big data</i> /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado/ Diplomatura y Tecnicatura
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	95	72	68	24	22	147
Otras universidades	101	144	133	11	15	224
Total	196	216	201	35	37	371

Fuente: Compilación del autor en base a datos oficiales.

^a Considera que una Universidad puede otorgar más de un título en diferentes especialidades.

⁵ Es importante considerar que aquellas universidades que dictan programas de Licenciatura o Ingeniería ofrecen en muchas oportunidades la posibilidad de graduarse con un título intermedio de igual orientación que el de Grado, pero con un nivel intermedio de certificación (como lo es la Tecnicatura).

⁶ Varias de las universidades que se incluyen en este análisis, tienen diversas sedes en la República Argentina, ya que muchas de ellas son de carácter regional, en las cuales se dictan los programas que se relevaron. Es decir, que un mismo programa puede ser dictado en varias sedes de la misma institución.

De los 371 títulos de grado, diplomaturas, tecnicaturas, profesorados y cursos, solo 225 se corresponden a títulos de grado, 26 a Diplomaturas y Especializaciones y el resto a todas las otras opciones de titulación mencionadas que integran ese grupo de clasificación y poseen un rango menor. La oferta de capacitación de posgrado (doctorados o maestrías) en tecnologías digitales es relativamente limitada, lo que podría tener un impacto en la intensidad con la cual Argentina lleva adelante investigación básica y aplicada de alto nivel (por ejemplo, desarrollo de herramientas sofisticadas, sistemas operativos, etc.). Al mismo tiempo, esto puede tener un impacto en la capacidad del sistema educativo para formar nuevos profesores. A su vez, es importante tener en cuenta que este tipo de formación se encuentra altamente concentrada (64%) en las veinte universidades de más alto nivel del país.

En términos del énfasis en la oferta de cursos en tecnológicas digitales de avanzada, existe un nivel de paridad entre los tres tipos de formación considerados en el presente trabajo. A pesar de ello, se observa una leve diferencia a favor de la formación en Inteligencia Artificial, seguido por la Big Data y por último los programas en robótica y control.

En general, al igual que en el caso de otros países a detallar en los capítulos siguientes, la oferta de capacitación en tecnologías avanzadas está concentrada en cursos aislados provistos en el marco de programas genéricos de ingeniería eléctrica, electrónica, telecomunicaciones o vinculados al análisis de sistemas. La oferta de programas enfocados en algunas de las tres tecnologías avanzadas es limitada a unas pocas universidades, destacándose los títulos específicos de Big Data y en menor medida de Robótica y automatización. En total, se ofrecen 19 programas que ofrecen un título en tecnologías avanzadas.

Por otro lado, la oferta de programas en tecnologías avanzadas es superior en cantidad absoluta de titulaciones de Doctorados y Maestrías en las 20 universidades mejores ubicadas del Ranking, mientras que en el resto de las categorías de titulación la superioridad se da en el resto de las instituciones.

El análisis ha permitido compilar el número de profesores en algunas de las universidades o Centros no universitarios analizados. En varias ocasiones, al no especificar cantidad de profesores por programa, se tomó la cantidad general de docentes que posee la Facultad de Ingeniería, Exactas, Informática o aquella en la cual se dictan los programas y se calculó el promedio que le correspondería a las carreras contempladas. Considerando tan solo algunos de los 371 programas, los cuales son aquellos para los que se obtuvo la información necesaria para realizar el relevamiento, se han podido identificar 3,999 profesores. Al respecto se debe tener en cuenta las salvedades realizadas anteriormente, ya que en algunos casos se ha tomado el promedio de docentes de la totalidad del departamento en el cual se dictan las carreras consideradas.

III. Brasil

Brasil posee 1,434 Instituciones de formación post-secundaria entre universidades, Institutos Universitarios e Institutos No Terciarios⁷. De las mismas, 678, es decir el 47.28%, ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica/electrónica, sistemas de información o similares.

Estas instituciones ofrecen un total de 2,851 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería eléctrica/electrónica, o telecomunicaciones. En este sentido, como se menciona en el caso argentino, es importante considerar que los títulos de grado como las Licenciaturas o los diplomas de Ingeniero tienen una programación igual o mayor a cuatro años, mientras que las tecnicaturas y títulos de tecnólogos poseen una duración de entre 2 y 3 años. Asimismo, las maestrías, doctorados y especializaciones, tienen también, un tiempo de cursada de entre 2 y 3 años, aunque en algunos casos pueden requerir 4 años.

En estos 2,851 programas de nivel terciario se ofrecen 3,141 cursos en robótica/ control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, o *big data*/analíticos. De la misma manera que en el caso argentino, dentro de aquellos programas que no registran este tipo de cursos, se cuentan gran cantidad de programas de doctorado y maestría, los cuales poseen planes de trabajo personalizables, donde el curriculum será diagramado en base a la temática elegida por el estudiante, por lo que no se lo puede mencionar con anticipación.

El cuadro 5 presenta el número de materias, cursos, asignaturas en tecnologías digitales de avanzada, así como el número de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

⁷ Fuente: Webometrics.info/en. Ranking Web of Universities y búsqueda del autor. (Consultado entre el 18 y el 21 de enero de 2018). La estadística oficial del Censo de Educación Superior menciona 2,111 instituciones. Si embargo, un número importante de las mismas son organismos privados, apadrinados por empresas que tienen interés en formaciones específicas con el único propósito de realizar formaciones rápidas a estudiantes para insertarlos en el mercado laboral. De esto se puede desprender que podríamos estar en presencia de titulaciones inferiores aun al rango de tecnicaturas, y por ende de solo cursos de formación.

Cuadro 5
Brasil: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Número de cursos			Número de títulos ^a		
	Robótica/ Control	Inteligencia artificial/ML	<i>Big data</i> /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado/ Diplomatura y Tecnicatura
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	95	96	70	43	55	159
Otras universidades	937	1 122	821	29	97	2 468
Total	1 032	1 218	891	72	152	2 627

Fuente: compilación del autor en base a datos oficiales.

^a Considera que una Universidad puede otorgar más de un título en diferentes especialidades.

Como puede observarse en el cuadro 5, la oferta de capacitación de posgrado (doctorados o maestrías) en tecnologías digitales es relativamente limitada si se la compara con la cantidad de programas de los diversos niveles de titulación que se ofrecen. Esta limitación puede tener un impacto en la intensidad con la cual Brasil lleva adelante investigación básica y aplicada de alto nivel, así como en la capacidad del sistema educativo para formar nuevos profesores. A su vez, es importante tener en cuenta que este tipo de formación se encuentra altamente concentrada en las primeras 20 Universidades del Ranking. La cantidad de programas de Doctorado en las primeras 20 universidades del Ranking (43) es superior en cantidad a la suma de las otras 658 Universidades.

A nivel del énfasis en la formación de tecnológicas digitales de avanzada, la disciplina de inteligencia artificial/machine learning concentra la mayor cantidad de cursos (1,218), seguida por cursos en robótica/control (1,032) y finalmente *big data*/analíticos (891). Por otro lado, es importante considerar que, de los 2,627 títulos de grado, tecnicaturas y especializaciones, 1,764 corresponden a títulos de grado, y 152 a especializaciones y el resto a las tecnicaturas que integran ese grupo de clasificación.

En general, al igual que en el caso de los otros países estudiados en este trabajo, la oferta de capacitación en tecnologías avanzadas está concentrada en cursos aislados ofrecidos en el marco de programas genéricos de ingeniería eléctrica, electrónica, telecomunicaciones o vinculados al análisis de sistemas. La oferta de programas enfocados exclusivamente en algunas de las tecnologías avanzadas es limitada a unas pocas universidades, ofreciendo un total de 96 programas.

Finalmente, se han podido compilar el número de profesores en algunas de las universidades o Centros no universitarios analizados. Como se explicó en el caso de Argentina, al no especificar cantidad de profesores por programa, en varias ocasiones se tomó la cantidad general de docentes que poseen las Facultades de Ingeniería, Ciencias Exactas, Informática o aquellas en las cuales se dicten los planes y se sacó el promedio que le correspondería a las carreras contempladas. En el caso de Brasil, corresponde señalar que las instituciones de estudios superiores proveen mas información en términos del número de profesores, lo que explica el número elevado de los mismos. Considerando tan solo algunos de los 2,851 programas, los cuales son aquellos en los que se obtuvo la información necesaria para realizar el relevamiento, se han podido identificar 21,983 profesores⁸.

⁸ Como se observará en la comparación con otros países, la diferencia significativa entre Brasil y el resto de naciones se debe principalmente al hecho de que las universidades brasileras tienden a reportar más datos sobre el número de profesores.

IV. Chile

Chile posee 147 universidades⁹. De las mismas, 76 ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información. Estas universidades ofrecen un total de 325 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería electrónica, o telecomunicaciones. Estos 325 programas de nivel terciario, incluyen 367 cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, o *big data*/analíticos.

El cuadro 6 presenta el número de programas y/o cursos en tecnologías digitales de avanzada, así como la cantidad de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

Cuadro 6
Chile: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Número de Programas/cursos			Número de títulos ^a		
	Robótica/ Control	Inteligencia artificial/ML	<i>Big data</i> /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado, Tecnatura, Diplomatura y Especialización
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	83	31	29	10	30	103
Otras universidades	111	58	55	0	6	176
Total	194	89	84	10	36	279

Fuente: Compilación del autor.

^a Considera que una Universidad puede otorgar más de un título en diferentes especialidades.

Como puede observarse en el cuadro 6, la oferta de capacitación de posgrado (doctorados o maestrías) en tecnologías digitales en Chile es relativamente limitada, lo que tiene un impacto en la

⁹ Fuente: Webometrics.info/en. Ranking Web of Universities. La estadística oficial menciona 152 instituciones.

intensidad con la cual el país puede llevar adelante investigación básica y aplicada de alto nivel, así como en la capacidad del sistema educativo para formar nuevos profesores.

A nivel del énfasis en la formación de tecnologías digitales de avanzada, el mismo se concentra en robótica y control, mientras que la inteligencia artificial y *big data* son minoritarios¹⁰. En general, la oferta está concentrada en cursos aislados provistos en el marco de programas genéricos de ingeniería eléctrica o análisis de sistemas. La oferta de programas enfocados en algunas de las tecnologías avanzadas es limitada a unas pocas universidades (por ejemplo, el diploma en Sistemas Autónomos y Robóticos de la Pontificia Universidad Católica de Chile, o el Departamento de Ingeniería de Automatización y Robótica de la Universidad Andrés Bello). En general, la oferta de programas en tecnologías avanzadas está concentrada en las veinte universidades con más alto posicionamiento en el ranking chileno (diez de ellas son privadas). Las mismas concentran más del 50% de toda la oferta de cursos, todos los programas de doctorado y la mayor parte de la oferta de Maestrías en las disciplinas consideradas.

En paralelo con el estudio de programas, se ha podido compilar el número de profesores dedicados a la enseñanza de tecnologías digitales en algunas de las universidades analizadas. Considerando tan solo algunos de los 76 departamentos, se han podido identificar 1,107 profesores.

¹⁰ Es importante mencionar que, en muchos casos, la formación en inteligencia artificial y *big data* esta limitada a unos pocos cursos, dado que Chile todavía carece de formación bajo títulos en tecnologías digitales avanzadas (por ejemplo, BS o MS en *machine learning*).

V. Colombia

Colombia posee 288 instituciones de estudio superior¹¹. De este universo, 176 ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica, o sistemas de información. Estas universidades ofrecen un total de 689 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería electrónica, o telecomunicaciones.

Entre estos 689 programas, se ofrecen 827 cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de maquinas, o *big data*/analíticos.

El cuadro 7 presenta el número de programas y/o cursos en tecnologías digitales de avanzada, así como la cantidad de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

Cuadro 7
Colombia: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Número de Programas/cursos			Número de títulos ^a		
	Robótica/ Control	Inteligencia artificial/ML	<i>Big data</i> /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado, Tecnatura, Diplomatura y Especialización
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	90	30	29	13	42	106
Otras universidades	351	178	149	0	26	502
Total	441	208	178	13	68	608

Fuente: Compilación del autor.

^a Considera que una Universidad puede otorgar más de un título en diferentes especialidades.

¹¹ Fuente: Webometrics.info/en. Ranking Web of Universities. La estadística oficial consigna 295 instituciones. Si la diferencia se debe a que algunas son organismos privados, apadrinados por empresas que tienen interés en formaciones específicas con el único propósito de realizar formaciones rápidas a estudiantes para insertarlos en el mercado laboral. De esto se puede desprender que podríamos estar en presencia de titulaciones inferiores aun al rango de tecnicaturas, y por ende de solo cursos de formación.

Como puede observarse en el cuadro 7, la oferta de doctorados en tecnologías digitales es relativamente limitada. Se han identificado tan solo 13 programas en Colombia, los cuales son ofrecidos por las primeras veinte universidades. Al mismo tiempo, tal como fue detectado en el caso chileno, existe un énfasis en la oferta de cursos y programas en robótica y control, mientras que la inteligencia artificial y *big data* son minoritarios¹². Aun así, se debe notar la baja presencia de programas y cursos en *big data*/analíticos.

Finalmente, las veinte universidades con más alto posicionamiento en el ranking chileno concentran más del 50% de toda la oferta de programas de doctorado y Maestrías.

Al mismo tiempo, se han podido compilar el número de profesores en algunos de las instituciones. Considerando tan solo algunos de los 261 programas, se han podido identificar un total de 2,059 profesores.

¹² Es importante mencionar que, en muchos casos, la formación en inteligencia artificial y *big data* está limitada a unos pocos cursos, dado que Chile todavía carece de formación bajo títulos en tecnologías digitales avanzadas (por ejemplo, BS o MS en *machine learning*).

VI. México

México posee 906 Instituciones de formación post-secundaria entre universidades, Institutos Universitarios e Institutos No Terciarios¹³. De las mismas, 477, es decir el 52,67% ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica/electrónica, sistemas de información o similares.

Estas instituciones alojan un total de 1,702 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería eléctrica/electrónica, o telecomunicaciones. Como se mencionó anteriormente, los títulos de grado como las Licenciaturas o de Ingenieros, tienen una programación igual o mayor a cuatro años, siendo los de Ingeniería los de mayor duración (5 años o más), mientras que las tecnicaturas y títulos de tecnólogos poseen una duración de entre 2 y 3 años. Asimismo, las maestrías, doctorados y especializaciones, tienen también, un tiempo de cursada de entre 2 y 3 años, aunque en algunos casos pueden tener 4 años de cursada.

De estos 1,702 programas de nivel terciario, 1,488 incluyen 2,495 cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, o *big data*/analíticos. Por otra parte, como se mencionó arriba, dentro de aquellos donde no se menciona este tipo de cursos se encuentra gran cantidad de programas de doctorado y maestría, los cuales poseen planes de trabajo flexibles, que pueden llegar a incluir temáticas como la estudiadas en este trabajo aunque no sean mencionadas.

Para resumir, el cuadro 8, se presenta el número de materias, cursos, asignaturas en tecnologías digitales de avanzada, así como el número de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

¹³ Fuente: Webometrics.info/en. Ranking Web of Universities y búsqueda del autor. (Consultado entre el 18 y el 22 de diciembre de 2017). La estadística oficial menciona 3,766 instituciones. Si embargo, un número importante de las mismas son organismos privados, apadrinados por empresas que tienen interés en formaciones específicas con el único propósito de realizar formaciones rápidas a estudiantes para insertarlos en el mercado laboral. De esto se puede desprender que podríamos estar en presencia de titulaciones inferiores aun al rango de tecnicaturas, y por ende de solo cursos de formación.

Cuadro 8
México: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Número de cursos			Número de títulos ^a		
	Robótica/ Control	Inteligencia artificial/ML	<i>Big data</i> /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado/ Diplomatura y Tecnatura
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	123	107	63	29	43	126
Otras universidades	784	837	581	38	144	1 322
Total	907	944	644	67	187	1 448

Fuente: compilación del autor en base a datos oficiales.

^a Considera que una Universidad puede otorgar más de un título en diferentes especialidades.

Como puede observarse en el cuadro 8, la oferta de capacitación de posgrado (doctorados o maestrías) en tecnologías digitales es relativamente limitada si se la compara con la cantidad de programas de los diversos niveles de titulación que se ofrecen, lo que tiene un impacto en la intensidad con la cual México lleva adelante investigación básica y aplicada de alto nivel. A su vez, es importante tener en cuenta que este tipo de formación se encuentra altamente concentrada en las primeras 20 universidades del país.

A nivel del énfasis en la formación de tecnológicas digitales de avanzada, existe un nivel de paridad entre los programas de Robótica e Inteligencia Artificial, aunque con una leve diferencia a favor de estos últimos. Por su parte, los programas correspondientes a *Big Data*, se encuentran ampliamente retrasados en cantidad de dictados.

Es importante considerar que, de los 1,448 títulos de grado, diplomaturas, tecnicaturas, profesorados y cursos, 1,356 se corresponden a títulos de grado, 21 a Diplomaturas y Especializaciones y el resto a todas las otras opciones de titulación mencionadas que integran ese grupo de clasificación y poseen un rango menor.

En general, al igual que en el caso de otros países, la oferta está concentrada en cursos aislados provistos en el marco de programas genéricos de ingeniería eléctrica, electrónica, telecomunicaciones o vinculados al análisis de sistemas. La oferta de programas enfocados en algunas de las tecnologías avanzadas es limitada a unas pocas universidades, ya que representan solo el 3,3% de la titulación relevada (solamente 48 programas). Finalmente, es importante destacar en el caso de México, que el Instituto Tecnológico Nacional de ese país posee una gran cantidad de sedes regionales en todo el país, lo que es una muestra de la importancia que se le da a la formación en Tecnologías desde el ámbito del gobierno mexicano.

Al mismo tiempo, se han podido compilar el número de profesores en algunas de las universidades o Centros no universitarios analizados. En varias ocasiones, al no especificar cantidad de profesores por programa, se tomó la cantidad general de docentes que poseen institutos y facultades de índole tecnológica y se sacó el promedio que le correspondería a las carreras contempladas. Considerando tan solo algunos de los 1,702 programas, los cuales son aquellos en los que se obtuvo la información necesaria para realizar el relevamiento, se han podido identificar 1,265 profesores.

VII. Perú

Perú posee 182 universidades¹⁴. De las mismas, 111 ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica, sistemas de información, control de gestión, computación, ingeniería electrónica, o telecomunicaciones. Entre estas 111 instituciones se ofrecen 317 programas de nivel terciario, los cuales ofrecen 394 cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de maquinas, o *big data*/analíticos.

El cuadro 9 presenta el número de programas y/o cursos en tecnologías digitales de avanzada, así como la cantidad de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

Cuadro 9
Perú: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Numero de Programas/cursos			Número de títulos ^a		
	Robótica/ Control	Inteligencia artificial/ML	<i>Big data</i> /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado, tecnicatura, diplomatura y especialización
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	50	25	22	8	20	57
Otras universidades	133	86	78	6	29	197
Total	183	111	100	14	49	254

Fuente: compilación del autor.

^a Considera que una Universidad puede otorgar más de un título en diferentes especialidades.

Como puede observarse en el cuadro 9, la oferta de capacitación de posgrado en tecnologías digitales es moderada. En total, existen 14 programas de doctorado, la mayor parte de los cuales están concentradas en las veinte universidades mejor posicionadas en el país.

¹⁴ Fuente: Webometrics.info/en. Ranking Web of Universities.

Al mismo tiempo, el énfasis en la formación de tecnológicas digitales de avanzada se registra en robótica y control, mientras que la inteligencia artificial y *big data* son minoritarios¹⁵. Por otro lado, las veinte universidades con más alto posicionamiento en el ranking peruano concentran más del 50% de toda la oferta de programas de doctorado aunque la oferta de Maestrías y títulos de grado en las disciplinas consideradas esta mucho mas distribuida.

Finalmente, considerando tan solo algunos de los 111 departamentos, se han podido identificar 1,625 profesores afiliados con la oferta de capacitación en tecnologías digitales.

¹⁵ Es importante mencionar que, en muchos casos, la formación en inteligencia artificial y *big data* está limitada a unos pocos cursos, dado que Perú todavía carece de formación bajo títulos en tecnologías digitales avanzadas (por ejemplo, BS o MS en machine learning).

VIII. Uruguay

Uruguay posee 27 Instituciones de formación post-secundaria entre universidades, Institutos Universitarios e Institutos No Terciarios¹⁶. De las mismas, 11 ofrecen programas de formación en computación, ingeniería eléctrica/electrónica, sistemas de información o similares.

Estas universidades ofrecen un total de 67 programas en sistemas de información y control de gestión, computación, ingeniería eléctrica/electrónica, o telecomunicaciones, incluyendo 3 carreras cortas, 3 doctorados, 11 maestrías y el resto títulos de grado.

De estos 67 programas de nivel terciario, 65 incluyen cursos en robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, o *big data*/analíticos, los que suman.

Al mismo tiempo, se han podido compilar el número de profesores en algunas de las universidades o Centros no universitarios analizados. En el caso de la Universidad de la República, al no especificar cantidad de profesores por programa, se tomó la cantidad general de docentes que posee la Facultad de Ingeniería, algo que incluye al Centro Universitario Regional Este, el cual es dependiente de esa institución pública.

Para resumir, el cuadro 10, se presenta el número de materias, cursos, asignaturas en tecnologías digitales de avanzada, así como el número de universidades que otorgan títulos de grado o posgrado en tecnologías digitales.

¹⁶ Fuente: Webometrics.info/en, Ranking Web of Universities y sitio oficial del Ministerio de Educación y Cultura de Uruguay. (Consultado entre el 20 y el 24 de noviembre de 2017). La estadística oficial del Censo de Educación Superior menciona 18 instituciones.

Cuadro 10
Uruguay: oferta de formación y títulos en tecnologías digitales

	Número de cursos			Número de Títulos ^a		
	Robótica/ Control	Inteligencia artificial/ML	<i>Big data</i> /analíticos	Doctorados	Maestrías	Títulos de grado/ Diplomatura y Tecnicatura
Veinte universidades mejor posicionadas en el ranking	28	24	32	3	11	52
Otras universidades	8	5	4	0	0	15
Total	36	29	36	3	11	67

Fuente: compilación del autor en base a datos oficiales.

^a Considera que una Universidad puede otorgar más de un título en diferentes especialidades

Como puede observarse en el cuadro 10, la oferta de capacitación de posgrado (doctorados o maestrías) en tecnologías digitales es relativamente limitada, lo que tiene un impacto en la intensidad con la cual Uruguay lleva adelante investigación básica y aplicada de alto nivel. Al mismo tiempo, esto puede tener un impacto en la capacidad del sistema educativo para formar nuevos profesores.

A nivel del énfasis en la formación de tecnológicas digitales de avanzada, este se registra en robótica y control y en Big Data por igual una superioridad de cursos, mientras que la inteligencia artificial es minoritaria.

En general, al igual que en el caso de otros países, la oferta está concentrada en cursos aislados provistos en el marco de programas genéricos de ingeniería eléctrica, electrónica, Telecomunicaciones o vinculados al análisis de sistemas. La oferta de programas enfocados en algunas de las tecnologías avanzadas es limitada a unas pocas universidades (por ejemplo, Diploma de Especialización en Analítica de *Big Data* de la Universidad ORT).

Finalmente, la oferta de programas en tecnologías avanzadas está concentrada en las veinte universidades con más alto posicionamiento en el ranking correspondiente a Uruguay (siendo sólo una, la Universidad de la República del ámbito público, y el CURE como dependiente de esa Universidad). Las mismas concentran más del 80% de toda la oferta de cursos, todos los programas de doctorado y la mayor parte de la oferta de Maestrías en las disciplinas consideradas.

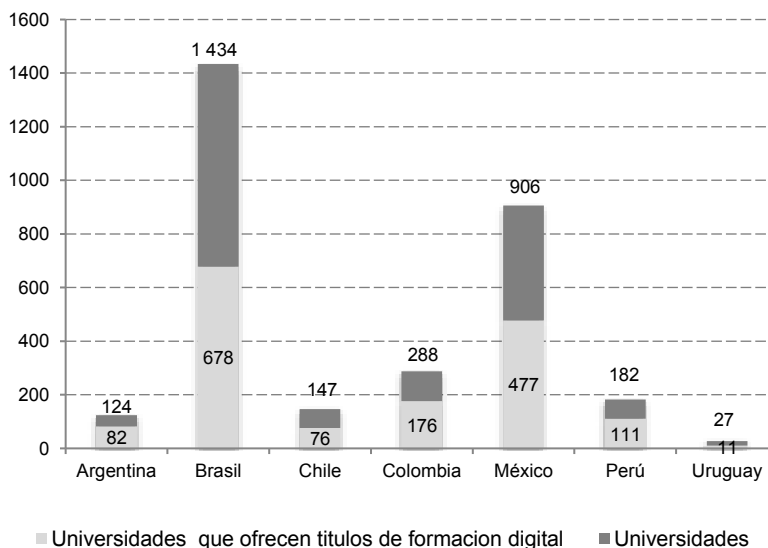
Considerando tan solo algunos de los 67 programas, los cuales son aquellos en los que se obtuvo la información necesaria para realizar el relevamiento, se han podido identificar 1,564 profesores. Al respecto se debe tener en cuenta que se toma en cuenta la totalidad de los docentes de la facultad de Ingeniería de las Universidad de la República y la Universidad de Montevideo, debido a que no existe discriminación por programa, mientras que gran parte de la facultad esta orientada a las disciplinas bajo consideración.

IX. Análisis comparado

Tal como se definió al comienzo de este documento, las brechas de capital humano deben ser conceptualizadas en términos de a la ola tecnológica referida, así como a la etapa considerada. Por ejemplo, las brechas de capital humano en la etapa de desarrollo se refieren a la formación limitada de investigadores involucrados en la creación de nuevos productos, mientras que la falta de capital humano en la etapa de adopción se refiere a la provisión limitada de recursos para la asimilación de tecnología en empresas. Al más alto nivel, esto significa que un investigador involucrado en el desarrollo de tecnologías digitales se ha graduado con un título de grado, y un posgrado de por lo menos una maestría, y mejor aún, un doctorado. Por otro lado, un profesional dedicado a la incorporación de tecnologías digitales en procesos productivos debe poseer, por lo menos, una tecnicatura, o mejor aun una certificación de estudios de grado.

En términos generales, se observa que la oferta de programas de capacitación en tecnologías digitales en los siete países estudiados es abundante. En su totalidad, los siete países registran 1,611 instituciones de estudio superior que ofrecen programas de capacitación en tecnologías digitales. Este número equivale a 52% de las instituciones de los siete países investigados. La proporción más alta registrada es en Argentina, donde 66% de las instituciones ofrecen programas de formación en tecnologías digitales maduras. El porcentaje más bajo es Uruguay, donde se registran 41% de las instituciones (ver gráfico 1).

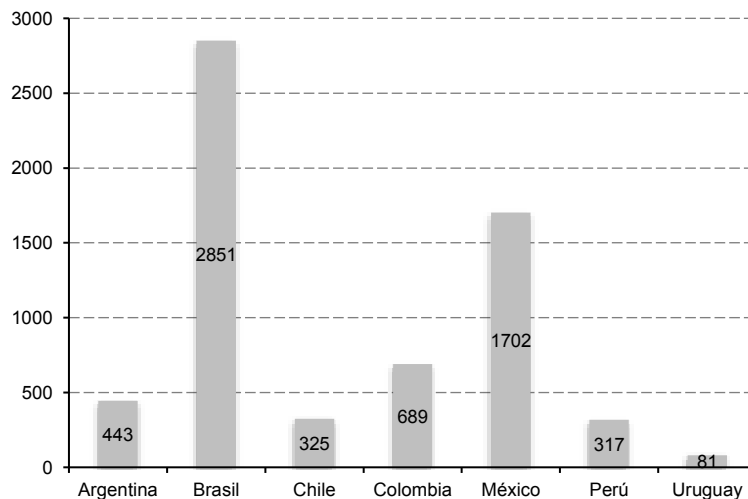
Gráfico 1
América Latina: número de Universidades que ofrecen programas formales de formación en tecnologías digitales



Fuente: Análisis del autor.

Como se mencionó en los capítulos por país, es común que una institución ofrezca más de un programa de formación en tecnologías digitales. En este sentido, en los siete países bajo consideración, se ofrecen 6,394 programas formales. El mayor número de ofrecimientos corresponde a Brasil, seguido de México, Colombia, Argentina, Chile, Perú, y Uruguay en ese orden (ver gráfico 2).

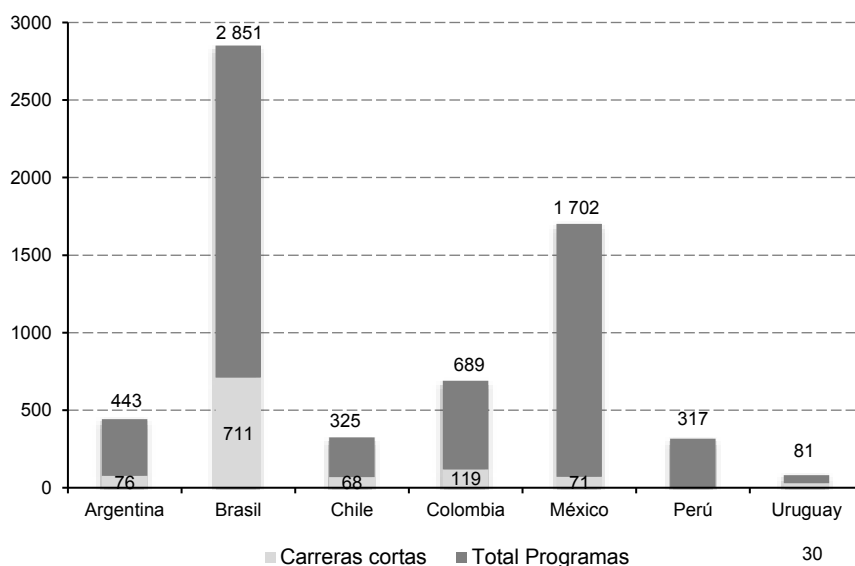
Gráfico 2
América Latina: programas formales de formación en tecnologías digitales



Fuente: Análisis del autor.

Por otra parte, en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay se han identificado 1,088 carreras cortas en tecnologías digitales. La proporción más importante de programas cortos (tecnicaturas, etc.) se registra en Uruguay con 45% de todos los programas formales en ese país (ver gráfico 3).

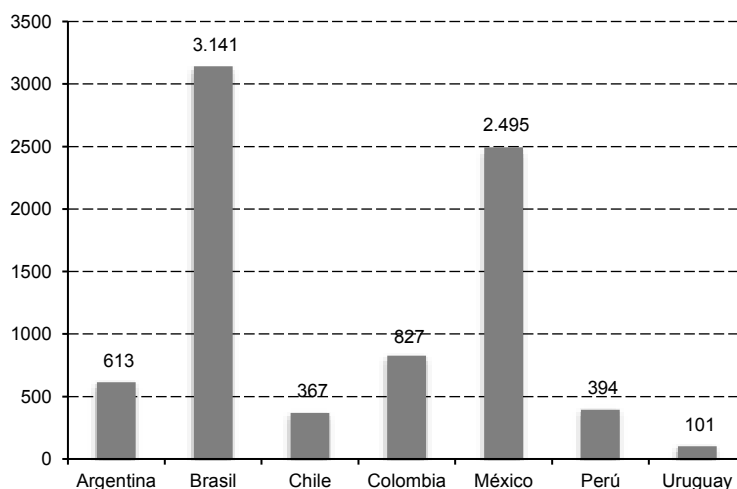
Gráfico 3
América Latina: programas formales de formación en tecnologías digitales
(diferenciando carreras cortas)



Fuente: Análisis del autor.

La mayoría de los programas censados incluyen cursos relacionadas con robótica/control, inteligencia artificial/aprendizaje de máquinas, o *big data*/analíticos, los cuales suman un total de 7,938 cursos. El país que ofrece el número mayor de cursos en tecnologías digitales avanzadas es Brasil (3,141) y el menor, Uruguay (con 101) (ver gráfico 4).

Gráfico 4
América Latina: número de cursos de formación en tecnologías digitales avanzadas



Fuente: Análisis del autor.

En términos de las tecnologías digitales de avanzada con más cursos, robótica e inteligencia artificial demuestran paridad (2,989 versus 2,815 respectivamente), mientras que se cuentan 2,134 cursos en *big data* / analíticos (ver cuadro 11).

Cuadro 11
América Latina: número de cursos de formación en tecnologías digitales avanzadas (por área)

País	Robótica/Control	Inteligencia Artificial/ <i>Machine Learning</i>	<i>Big data/</i> analíticos	Total
Argentina	196	216	201	613
Brasil	1 032	1 218	891	3 141
Chile	194	89	84	367
Colombia	441	208	178	827
México	907	944	644	2 495
Perú	183	111	100	394
Uruguay	36	29	36	101
Total	2 989	2 815	2 134	7 938

Fuente: Análisis del autor.

Como puede observarse en el cuadro 11, Brasil y México por sí solos ofrecen 71% de todos los cursos en tecnologías avanzadas en los siete países estudiados. Al normalizar la oferta de cursos por la matrícula universitaria¹⁷, puede observarse que tanto México como Uruguay demuestran la mayor densidad de oferta de materias de tecnologías digitales avanzadas (ver cuadro 12).

Cuadro 12
América Latina: índice de cursos de tecnologías digitales avanzadas

País	Robótica/ Control	Inteligencia Artificial/ <i>Machine Learning</i>	<i>Big data/</i> analíticos	Total	Matrícula universitaria
Argentina	113,55	125,14	116,45	355,14	1 726 099
Brasil	128,22	151,33	110,70	390,25	8 048 701
Chile	253,88	116,47	109,93	480,28	764 133
Colombia	322,10	151,92	130,01	604,02	1 369 149
México	298,11	310,27	211,66	820,04	3 042 546
Perú	218,03	132,25	119,14	469,42	839 328
Uruguay	274,93	221,47	274,93	771,34	130 941
Total	187,74	176,81	134,04	498,59	15 920 897

Fuente: Para los datos de matrícula universitaria, censos universitarios nacionales; análisis del autor.

Asimismo, de acuerdo a los índices del cuadro 12, Argentina tendría la menor densidad de oferta de cursos, aunque el menor valor se registra en los cursos de *big data/analíticos* en Chile. Finalmente, en términos de programas formales de formación en tecnologías avanzadas se han identificado 19 en Argentina, 12 en Chile, 12 en Colombia, 96 en Brasil, 48 en México, 4 en Perú y 3 en Uruguay.

Si bien no se dispone de números que cubran la totalidad de profesores en las disciplinas estudiadas, las cifras compiladas indican una población importante (33,602), aunque dado el limitado número de instituciones que reportan la cantidad de profesores en disciplinas de tecnología digital, es imposible presentar una visión comparada y exhaustiva de esta estadística (ver cuadro 13).

¹⁷ (Número de cursos*1,000,000)/matrícula universitaria.

Cuadro 13
América Latina: profesores en programas de tecnologías digitales

País	Profesores
Argentina	3 999
Brasil	21 983
Chile	1 107
Colombia	2 059
México	1 265
Perú	1 625
Uruguay	1 564
Total	33 602

Fuente: Análisis del autor.

Finalmente, la oferta de capacitación de posgrado (especialmente doctorados) en tecnologías digitales es relativamente limitada, lo que tiene un impacto en la intensidad con la cual los países estudiados llevan adelante investigación básica y aplicada de alto nivel (ver cuadro 14).

Cuadro 14
América Latina: programas de posgrado de tecnologías digitales

País	Maestrías	Doctorados	Total
Argentina	37	35	72
Brasil	72	152	224
Chile	36	10	46
Colombia	68	13	81
México	187	67	254
Perú	49	14	63
Uruguay	11	3	14
Total	460	294	753

Fuente: Análisis del autor.

En los siete países estudiados, se han identificado 294 programas de doctorado en tecnologías digitales. Es importante considerar, sin embargo, el número de programas de posgrado otorgados por las veinte universidades mejor posicionadas en el ranking de cada país (ver cuadro 15).

Cuadro 15
América Latina: programas de posgrado de tecnologías digitales en las veinte universidades mejor posicionadas en el ranking

País	Maestrías	Doctorados	Total
Argentina	22	24	46
Brasil	55	43	98
Chile	30	10	40
Colombia	42	13	55
México	43	29	72
Perú	20	8	28
Uruguay	11	3	14
Total	223	130	353

Fuente: Análisis del autor.

En este universo, el número de doctorados disminuye a 130 y el de maestrías a 223.

La información compilada permite concluir en los siguientes aspectos respecto de la brecha de formación de capital humano:

- En términos generales, se puede concluir que la oferta de programas y títulos de grado y posgrado en tecnologías digitales es importante. En Argentina se ofrecen 443, en Brasil 2,851, en Chile 325, en Colombia 689, en México 1,702, en Perú 317, y en Uruguay 67;
- Cuando se normaliza la oferta de programas por matrícula universitaria, la densidad de oferta es más alta en México (índice de 559) y más baja en Argentina (índice de 257);
- En particular, la oferta de carreras cortas en tecnologías digitales es importante (1,088 programas registrados en Argentina, México, Brasil y Uruguay);
- La oferta de cursos en tecnologías digitales avanzadas también es importante, especialmente en el área de robótica (2.989) e inteligencia artificial (2.815), aunque los cursos en *big data* / analíticos registran un número menor (2.134);
- Una brecha de oferta existe claramente en los programas de capacitación de alto nivel (principalmente doctorados). Esto tiene un impacto en el nivel y recursos dedicados a investigación y desarrollo en la región, con lo que es crítico aumentar el énfasis en la creación de dichos programas. Las veinte universidades mejor posicionadas por país ofrecen un total de 130 programas de doctorado en tecnologías digitales, con un número muy inferior en Perú (8) y Uruguay (3).

Estas conclusiones podrían llevar a resumir que la oferta de formación en tecnologías digitales, principalmente en países como Brasil, México, y Argentina es adecuada, mientras que los otros tres países podrían demostrar un cierto déficit.

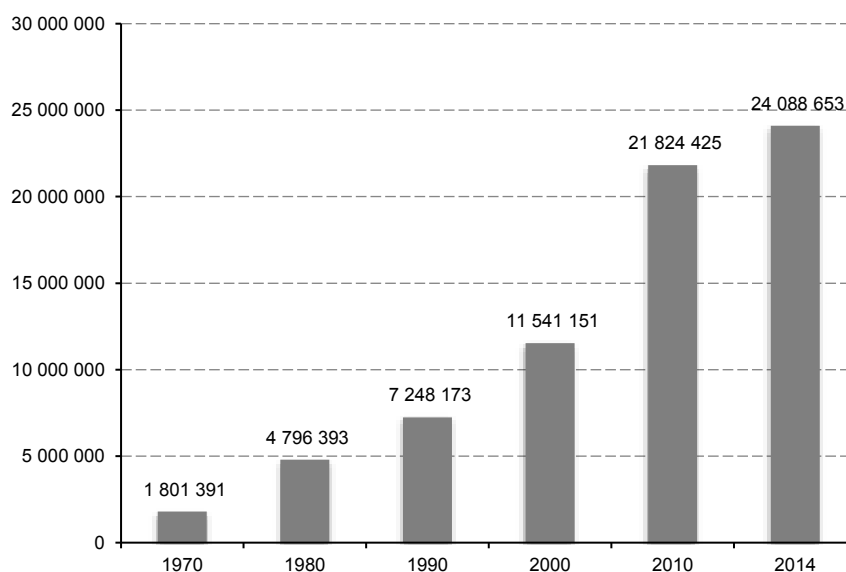
X. Implicancias de política pública

En la introducción de este trabajo se estableció que las políticas públicas en el área de capital humano del ecosistema digital deberían basarse en un diagnóstico que permita definir cuáles son los ejes principales para que América Latina pueda abordar las falencias en este terreno. El análisis realizado permite determinar que, con ciertas salvedades, la oferta de formación de capital humano, especialmente a nivel de carreras cortas y títulos de grado en la región es adecuada, mientras que se observan falencias en carreras de posgrado, especialmente doctorados. En términos de las tecnologías avanzadas, el número de programas formales es mucho más reducido. En este sentido, se puede concluir que la región enfrenta una barrera en el desarrollo de la demanda de formación en tecnologías digitales maduras (en otras palabras, existe una oferta adecuada de programas), una oferta limitada en carreras de grado en tecnologías avanzadas, y programas de posgrado en tecnologías digitales en general. Estas conclusiones sientan las bases de las recomendaciones de política pública.

A. Promoción de la demanda

La región ha hecho un enorme progreso en materia de matriculación. En 1970 dos millones de jóvenes latinoamericanos en edad universitaria se encontraban matriculados en la educación superior. En el año 2000, la cifra ascendió a 11,5 millones y en el año 2008 está alcanzó 22 millones, equivalente al 13,8% de la matrícula terciaria a nivel mundial, por encima del peso poblacional de la región en el mundo (CINDA 2011). Finalmente en el 2014, la matrícula alcanzó a registrar 24,1 millones.

Gráfico 5
América Latina: evolución de la matrícula de educación superior (1970-2014)



Fuente: CINDA 2011 sobre datos de sobre la base de UNESCO, Compendio Mundial de Educación 2009 y 2010; UNESCO (2016).

Sin embargo, el aumento de la matrícula no significa necesariamente un incremento proporcional en el número de graduados. En efecto, las estadísticas de graduados son bastante inferiores. Por otra parte, en relación a los títulos según disciplina científica en 2013, las ciencias sociales ocupan el primer lugar en América Latina representando el 54% del total de títulos. Le siguen luego la ingeniería y carreras de tecnología con un 14% y las ciencias médicas, 15%. Las disciplinas humanísticas representaron el 7% y las ciencias naturales el 6% (RICYT, 2015). En total, América Latina contabilizaba cerca de 36,000 graduados en carreras de ingeniería y tecnología en el 2013. Algunos países de la región se encuentran mejor posicionados en relación al porcentaje de titulación de grado en carreras de ingeniería y carreras tecnológicas. Mientras que en Brasil y Argentina representan cerca del 9% de los graduados, en Chile un 16%, en México los graduados en dichas carreras contabilizan un 24% y en Colombia un 22% (RICYT, 2015).

El desarrollo del ecosistema digital requiere mayor número de graduados en estas últimas disciplinas y esfuerzo por parte de las políticas públicas para mejorar el aprendizaje a nivel medio para que pueda ser un piso adecuado en el fomento a la demanda de estas carreras. Es prioritario que se reduzcan las asimetrías de información para que los aspirantes universitarios en condiciones preexistentes de acceso a las carreras técnicas opten por ellas, fomentando la circulación de información relevante en materia de salarios y empleabilidad esperados en estas áreas. En este punto, las asociaciones y cámaras empresarias cumplen un rol fundamental porque pueden señalar, a través de campañas de información, las ventajas económicas asociadas con optar por estas carreras.

Asimismo, el aumento de la matrícula en los estudios terciarios de tecnologías digitales debe estar promovido desde los niveles primario y secundario. Los sistemas educativos deben incorporar a las ciencias de la computación de manera orgánica por razones de índole organizativa, pedagógica y de innovación. Hablamos de ventajas organizativas, puesto que la informática es un gran insumo para implementar procesos que mejoren la administración de la educación y podría beneficiarse de masa crítica de alumnos y docentes que aprendan y enseñen sus métodos para mejorar la educación u otras instancias de políticas públicas. Mejora en términos pedagógicos puesto que la informática desafía la creatividad, el pensamiento crítico y el pensamiento lógico, habilitando conocimiento que pueden ser aplicados transversalmente a problemas sociales y científicos. Innovación porque su aporte impacta positivamente

en la capacidad para comprender y transformar la realidad dado que cada vez más ámbitos sociales, políticos y económicos se dirimen en campos informacionales.

En este sentido, la informática debe ser un instrumento más en la lucha por la educación de calidad y el desarrollo económico en la medida en que enseña una forma de abordar problemas complejos con soluciones tangibles, y provee las competencias de adaptabilidad y flexibilidad que se complementan con las habilidades socio-emocionales que los sistemas de educación pública aspiran a difundir. Además, son un complemento cada más necesario que agrega valor a las industrias manufactureras, de servicios y también puede cumplir roles determinantes en la desprimarización de la economía, proveyendo ideas y herramientas para agregar valor en las cadenas de producción.

Las ciencias de la computación deben ser incorporadas con una estrategia transversal, con altos niveles de flexibilidad para no determinar tecnológicamente a los alumnos sino prepararlos para las disrupciones que ellos mismos pueden crear o que deben administrar. Se trata de incorporar las ciencias de la computación como una materia que equipare en peso al de las materias científicas tradicionales como química, física y biología (Nager R, Atkinson R, 2016). Sin embargo, más allá de las iniciativas empujadas por el entusiasmo tecnológico, la sostenibilidad del cambio requiere transformar los programas. En este sentido, la informática debe lograr instalarse en la agenda de los diseñadores de las políticas educativas como una prioridad y para ello depende de una coalición que apoye su implantación. En este punto, los profesionales informáticos tienen un rol muy importante, como también lo tienen los docentes y el sector privado que necesitan alzar la voz para que la sociedad interprete y demande tecnología informática como base fundamental de la formación de los alumnos.

B. Desarrollo de oferta de programas en tecnologías digitales avanzadas

La educación superior en la región se caracteriza por un sistema fragmentado y diversificado, en el que los sistemas de educación superior privados prevalecen ante los públicos. En este sistema proliferan las instituciones destinadas a ofrecer programas de formación superior de forma descoordinada, sin responder a una matriz de desarrollo educativo uniforme orientada a aumentar la dotación de capital humano de los países.

Asimismo, la educación superior en Latinoamérica está caracterizada por la oferta de un primer título de corte académico luego de 5 o más años, mientras que en España y Portugal la misma ronda los 3 a 4 años luego de las modificaciones inducidas por el proceso de Bolonia¹⁸ (CINDA, 2011). Entre otros aspectos, el proceso de Bolonia favoreció la estandarización de planes de estudio en base a la unidad de medida académica denominada crédito, planteando dos alternativas: grados de 240 créditos (4 años) o de 180 créditos (3 años), favoreciendo la terminalidad de carreras de menor duración orientadas al mercado laboral.

América Latina ha seguido de cerca esta experiencia, generando iniciativas de coordinación como el Proyecto Tuning-América Latina, sin embargo, la integración regional en materia de estandarización e integración regional sigue siendo incipiente. A fin de avanzar en un proceso similar, las máximas autoridades tanto políticas como académicas de los países de la región deberían liderar el debate y avanzar a favor de la integración y la reforma de planes de estudio superior.

En este sentido, las políticas deben apuntar a sistemas de educación superior que puedan absorber los rápidos cambios en las disciplinas, mantener su orientación de producción de conocimiento y promover el desarrollo socioeconómico, sin caer en el determinismo tecnológico de la época. Para ello, la región debe proponer un debate en donde se jerarquice la necesidad de implementar hacia programas flexibles que estén en condiciones de adaptar los formatos y contenidos y generar demanda por la actualización continua del conocimiento. Una propuesta para superar el debate es orientar la reforma de los programas a fin de crear una propuesta que integre conocimientos básicos que integren nociones de creatividad,

¹⁸ La Declaración de Bolonia de 1999 representa un acuerdo voluntario suscrito por 30 naciones, que sentó las bases para la construcción de un Espacio Europeo de Educación Superior, organizado conforme a los principios de calidad, movilidad, diversidad y competitividad y orientado el incremento del empleo en la Unión Europea y la conversión del Sistema Europeo de Formación Superior en un polo de atracción para estudiantes y profesores de otras partes del mundo (de Garay Sánchez, 2008).

pensamiento crítico y lógico y competencias para el trabajo en equipo combinadas con el aprendizaje de herramientas tecnológicas durante los primeros años de la educación superior y promover la especialización en módulos subsiguientes de dos a tres años. Las ciencias de la computación son un aliado principal para la reforma ya que cumplen el sentido pedagógico y productivo de la enseñanza y permiten a los alumnos crear modelos, realizar hipótesis y testearlas con un alto sentido teórico y práctico a la vez.

Las ventajas de reorganizar los programas son muchas. Por un lado, la capacidad de motivar a los estudiantes con reflexiones generales y prepararlos para los cambios vertiginosos tanto de la generación y aplicación de conocimiento como su necesaria reconversión y actualización. Por otro, la eficientización del gasto en educación que permitiría no tener que reconvertir programas constantemente en función de cambios en la tecnología dominante.

En este contexto de dificultad para planificar políticas de educación superior unificadas es fundamental establecer instancias de diálogo entre los distintos actores del sistema para generar capacidades de coordinación que incrementen la eficiencia de la inversión en educación y a la vez que permitan establecer sistemas de colaboración más fluidos entre el mundo laboral y el académico. Se requiere asimismo incrementar la cooperación horizontal entre instituciones públicas y privadas de educación superior, que vayan más allá de los contenidos curriculares. Las instancias de cooperación deben ser institucionalizadas más allá de los acuerdos formales existentes, pudiendo incluir la creación de consejos interjurisdiccionales. Asimismo, se deberán crear nuevas instituciones de diseño de políticas educativas multisectoriales capaces de absorber los retos de la formación de nivel primario, secundario, y terciario, que sean capaces de proveer la gobernabilidad de los sistemas educativos, legitimando un sistema de autoridad que trascienda los ciclos político-electorales. El objetivo es generar sustentabilidad de las políticas por un lado, pero también crear instancias de representatividad territorial y sectorial. México provee un ejemplo interesante de gobernabilidad educativa. A través de la creación del Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE), implementado durante la asunción de un nuevo gobierno, esta entidad facilitó la administración democrática del conflicto de intereses en el campo de la educación y permitió superar la oposición sindical, incorporando a la sociedad civil y el aporte de especialistas en un momento de altas expectativas y demanda de cambio por parte de la sociedad civil.

Bibliografía

- CINDA - Centro Interuniversitario de Desarrollo, (2011), *Educación Superior en Iberoamérica*. Informe. Universia.
- Katz, R. (2015). *El ecosistema y la economía digital en América Latina*. Madrid: Ariel
- Katz, R. (2017). “Accelerating the development of Latin American digital ecosystem and implications for broadband policy”. *Telecommunications Policy*, pp. 1-21
- Katz, R. (2017) *Social and economic impact of Digital Transformation on the economy*. Paper presented at the GSR-17 of the International Telecommunications Union, Nassau, Bahamas, July 11.
- Katz, R. (2017) *Industrialización inclusive y sostenible en América Latina*. Agosto.
- Katz, R., Callorda, F. (2017). *Hacia la transformación digital de América Latina y el Caribe: El Observatorio CAF del Ecosistema Digital*.
- Katz, R.; Callorda, F.; Lef, M. (2016) Iniciativas empresariales y políticas públicas para acelerar el desarrollo de un ecosistema digital iberoamericano. *Informe al Consejo Iberoamericano de la productividad y la Competitividad*. Septiembre.
- Nager R, Atkinson R (2016), *The Case for Improving U.S. Computer Science Education*. Washington, DC: Information Technology and Innovation Foundation.
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - RICYT (2015), *El Estado de la Ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos*. Buenos Aires: REDES/OEI.
- Williamson, O. (1985). *The economic institutions of capitalism*. New York: Free.



NACIONES UNIDAS

Serie**CEPAL****Desarrollo Productivo****Números publicados**

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en

www.cepal.org/publicaciones

219. Capital humano para la transformación digital en América Latina, Raúl L. Katz (LC/TS.2018/25), 2018.
218. Políticas de fomento productivo para el desarrollo de sectores intensivos en recursos naturales: la experiencia del Programa Nacional de Minería “Alta Ley”, Jonathan Castillo, Felipe Correa, Marco Dini y Jorge Katz (LC/TS.2018/16), 2018.
217. El estado de la manufactura avanzada: competencia entre las plataformas de Internet industrial, Mario Castillo (LC/TS.2017/123), 2017.
216. Políticas para la atracción de inversión extranjera directa como impulsora de la creación de capacidades locales y del cambio estructural: el caso de México, Luz María de la Mora Sánchez (LC/TS.2017/122), 2017.
215. Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas, Adrián G. Rodríguez, Andrés O. Mondaini y Maureen A. Hitschfeld, (LC/TS.2017/96), 2017.
214. Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y sistemas alimentarios sostenibles. Una propuesta para la formulación de políticas integradoras, Adrián G. Rodríguez (LC/TS.2017/89), 2017.
213. Las empresas manufactureras de cobre en Chile, Lilia Stubrin y Joaquín Gana, (LC/TS.2017/64), 2017.
212. Micro-macro interactions, growth and income distribution revisited, Mario Cimoli and Gabriel Porcile, (LC/TS.2017/55), 2017.
211. Políticas de desarrollo económico local en Chile. Más allá del asistencialismo, Felipe Correa y Marco Dini, (LC/TS.2017/45) 2017.
210. Modelos de gestión de centros tecnológicos sectoriales. Elementos de un análisis comparado, Marco Dini y Mattia Tassinari, (LC/TS.2017/44), 2017.
209. Gobiernos corporativos e inversión extranjera directa en América Latina: las fusiones y adquisiciones transfronterizas, Carolina Águila Jaramillo, Georgina Núñez Reyes y Marcelo Pereira Dolabella, (LC/TS.2017/41), 2017.
208. Chinese Investments in Latin America. Opportunities for growth and diversification, Miguel Pérez Ludeña (LC/TS.2017/18), 2017.
207. Pobreza, desigualdad y estructura productiva en ciudades: evidencia desde Chile usando datos de panel, Felipe Correa (LC/L.4271), 2016.
206. Pobreza y desigualdades rurales: perspectivas de género, juventud y mercado de trabajo, Sinduja Srinivasan y Adrián Rodríguez (LC/L.4206), 2016.
205. Premature deindustrialization in Latin America, Mario Castillo y Antonio Martins (LC/L.4183), 2016.
204. Transformaciones rurales y agricultura familiar en América Latina: una mirada a través de las encuestas de hogares, Adrián Rodríguez (LC/L.4168), 2016.

DESARROLLO PRODUCTIVO



COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN
www.cepal.org