

Las nuevas fuentes de productividad en América Latina y la OCDE

Darío Quiroga-Parra (dquiroga@uoc.edu; dario.quirogap@campusucc.edu.co)
Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables, Universidad Cooperativa de Colombia (UCC).

Joan Torrent-Sellens (jtorrent@uoc.edu)
*Estudios de Economía y Empresa, e Instituto Interdisciplinario de Internet (IN3)
Universitat Oberta de Catalunya (UOC)*

Working Paper

Working Paper Series WP14-009

Research group: Interdisciplinary Research Group on ICTs (i2TIC) and Administrative, accounting and economics science (CACE) Research Group

Research group coordinator: Joan Torrent-Sellens (IN3-Open University of Catalonia) and Darío Quiroga-Parra

Submitted in: January 2015

Accepted in: March 2015

Published in: March 2015



Internet Interdisciplinary Institute (IN3)

<http://www.in3.uoc.edu>
Edifici MediaTIC
c/ Roc Boronat, 117
08018 Barcelona
Espanya
Tel. 93 4505200

Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

<http://www.uoc.edu/>
Av. Tibidabo, 39-43
08035 Barcelona
Espanya
Tel. 93 253 23 00



The texts published in this publication are – unless indicated otherwise – covered by the Creative Commons Spain Attribution-Non commercial-No derivative works 3.0 licence. You may copy, distribute, transmit and broadcast provided that you attribute it (authorship, publication name, publisher) in the manner specified by the author(s) or licensor(s).

The full text of the licence can be consulted here:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.en>.

Índice

Resumen	5
Introducción.....	6
1. El estado de la cuestión	7
2. Materiales y métodos	10
3. Resultados	14
3.1. Regresiones log-log co-innovación (complementariedad), factores AL	15
3.2. Regresiones log-log co-innovación (complementariedad), factores OCDE..	18
4. Discusión.....	20
5. Conclusiones.....	22
Agradecimientos.....	24
Referencias bibliográficas	25

Las nuevas fuentes de productividad en América Latina y la OCDE

Darío Quiroga-Parra (dquiroga@uoc.edu;
dario.quirogap@campusucc.edu.co)

*Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables. Universidad
Cooperativa de Colombia (UCC)*

Instituto Interdisciplinario de Internet, Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

Joan Torrent-Sellens (jtorrent@uoc.edu)

*Estudios de Economía y Empresa, e Instituto Interdisciplinario de Internet (IN3)
Universitat Oberta de Catalunya (UOC)*

Recommended citation:

QUIROGA-PARRA, Darío, TORRENT-SELLENS, Joan. "Las nuevas fuentes de productividad en América Latina y la OCDE", [online working paper]. (Working Paper Series; WP14-009). IN3 Working Paper Series. IN3 (UOC). [Accessed: dd/mm/yy]. <<http://journals.uoc.edu/ojs/index.php/in3-working-paper-series/article/view/n14-quiroga-parra-torrent-sellens/n14-quiroga-parra-torrent-sellens>>

Resumen

A la par de los tradicionales factores de producción de capital, tierra y mano de obra han surgido nuevos factores de productividad. Factores como las TIC, el capital humano, las prácticas institucionales-organizativas e innovación se mostraron en la dirección de la teoría de Solow. Más allá de la productividad, estos mismos factores se han venido señalando como generadores de procesos de innovación, en actividades micro y macroeconómicas.

El propósito del trabajo fue verificar cómo las fuentes co-innovadoras de TIC, conocimiento, instituciones e innovación estaban explicando los niveles de productividad en América-Latina. Para esto, se utilizaron en contextos macroeconómicos, conceptos de modelos microeconómicos verificados en entornos empresariales desde los años dos mil.

Los resultados mostraron para los países de la OCDE una co-innovación fuerte con coeficientes positivos, significativos y crecientes en el tiempo; señalando una contribución e impacto positivo en la explicación de sus niveles de productividad. América-Latina mostró comportamiento similar en sus coeficientes, pero con co-innovación débil para tres períodos analizados; se observó la existencia de unas nuevas fuentes de productividad con intensidad inferior a la OCDE.

El estudio concluyó que América-Latina mostró bajos niveles de productividad y está en proceso de transición hacia la economía del conocimiento

Palabras Clave

Productividad, co-innovación, TIC, capital humano, prácticas organizativas, instituciones, América Latina, OCDE.

Introducción

El acentuado dinamismo del proceso de transformación tecnológica digital, económica y social de los países desarrollados (Kranzberg, 1985; Freeman y Perez, 1998; Castells, 2000) en las últimas décadas, es atribuido, en gran medida, a la irrupción y uso masivo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). La dinámica económica subyacente a estas tecnologías está conduciendo a múltiples trabajos de investigación, señalando resultados empíricos con evidencias del impacto de las TIC sobre la productividad (Badescu y Garcés, 2009; Bauer y Bender, 2003), enriqueciendo los debates académicos internacionales.

En este contexto, la revolución digital, junto a la ampliación de los mercados globalizados y los cambios en los patrones de demanda de las familias y empresas, están modificando los fundamentos de los niveles de productividad y de crecimiento económico mundial (Jorgenson y Vu, 2007; 2010). De manera que, las TIC se consolidan como tecnologías de utilidad general, convirtiéndose en la base material de un nuevo paradigma tecno-económico, y abren las puertas a un nuevo proceso de revolución industrial (Crafts, 2000; Delong, 2001; Atkeson y Kehoe, 2001; Vilaseca y Torrent, 2006).

Adicionalmente a los tradicionales factores de producción, como el capital productivo, la tierra y la mano de obra, durante los últimos años han emergido nuevos factores de producción, como las capacidades humanas, denominadas capital humano (CH) o conocimiento, las TIC como la tecnología de uso general, las instituciones (prácticas organizativas) y la misma innovación, que están incidiendo en la productividad de manera significativa.

De otra parte, América Latina señala ser una región con limitados usos de TIC, y en donde escasos estudios empíricos sobre el tema se han dado. Por lo que, social, tecnológica, económica y científicamente significa apreciables atrasos en términos de pérdidas de niveles de productividad y avances en la innovación. De hecho, el propósito y alcance del presente trabajo se plantea alrededor de la hipótesis: *las nuevas fuentes co-innovadoras (complementariedades entre uso TIC, conocimiento, instituciones e innovación) explican marginalmente el nivel de productividad de América Latina*. Por lo que el objetivo del trabajo es explorar la existencia de las nuevas fuentes de productividad TIC, CH, instituciones que afectan los niveles de productividad y de innovación de la región, en un análisis comparado con los países de la OECD, en el contexto de la economía del conocimiento.

Metodológicamente el trabajo usa bases de datos del banco Mundial, ITU y OECD empleando elementos conceptuales de modelos microeconómicos (Arvanitis, 2005; Arvanitis y Loukis, 2009; 2013) de complementariedad (co-innovación) de las nuevas fuentes de productividad aplicándolos en contextos macroeconómicos. Se toman modelos econométricos en niveles con regresiones múltiples, y se comparan los niveles de productividad y capacidad de innovación de AL y la OEC, en tres períodos. Las limitaciones del trabajo se dan por la disponibilidad de datos estadísticos que restringieron el tamaño de las muestras.

El estudio en su primera parte hace una síntesis de la literatura internacional reciente sobre los temas objeto de estudio, seguidamente describe los materiales y métodos utilizados. En la tercera parte se muestra el modelo econométrico utilizado, y se los resultados empíricos de las estimaciones econométricas y la discusión. Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo, las propuestas de nuevas líneas de investigación y las referencias bibliográficas utilizadas.

El trabajo concluye señalando la preponderancia de los niveles de productividad en la OECD en el uso intensivo de los nuevos factores de productividad. Indicando como las nuevas fuentes co-innovadoras de TIC, conocimiento, instituciones e innovación, explican marginalmente el nivel de productividad de AL.

1. El estado de la cuestión.

Las TIC desde su nacimiento alrededor de los años setenta, se han convertido en el elemento central de los cambios en las estructuras sociales, tecnológicas y económicas a nivel mundial. Comprenden tecnologías de gran gama y son un conjunto convergente de aplicaciones y equipos en electrónica, microelectrónica, informática, telecomunicaciones, nanotecnología, optoelectrónica y biotecnología, de amplio uso industrial y social (Abbate, 1999; Torrent, 2009).

De hecho, el nacimiento de las TIC es calificado como un punto de inflexión de la ciencia y la humanidad, y como una nueva revolución tecnológica (Bell, 1976; Castells, 2000; Torrent, 2004). La literatura internacional las ha venido considerando como una infraestructura tecnológica básica, facilitadora de fuertes cambios técnicos y de producción, que impactó los cambios sociales y culturales. Igualmente son reconocidas como una tecnología de uso general, sistemático y masivo por los agentes sociales y económicos, (Bresnahan y Trajtenberg, 1995; Jovanovic y Rousseau, 2005).

Así, dentro del nuevo paradigma técnico-económico actual, las TIC se han ido convirtiendo en la base material, y a su vez en la esencia de los procesos productivos e innovación, que están transformando radicalmente la estructura de costes y de los

inputs y outputs de la producción (Kuhn, 1962; Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg y Soete, 1988; Torrent, 2004; 2009).

Sin embargo, los primeros trabajos macroeconómicos sobre la inversión y uso de las TIC como los de Parsons, Gotlieb, Denny (1993) y Dos Santos, Peffers y Mauer (1993) no encontraron inicialmente correlaciones positivas ni significativas de estos factores sobre la productividad ni la innovación. Al respecto Solow (1987), citado por Badescu y Garcés (2009: 123) señaló: “se puede ver la era de la información en todas partes menos en las estadísticas de la productividad”, y a lo que Brynjolfsson (1993) denominó la paradoja de las TIC.

No obstante, posteriores estudios como los de Jorgenson y Stiroh (1995), incluyendo el de la OECD¹ (2000; 2004) y otros hasta la fecha, muestran en su mayoría contribuciones positivas y significativas a la productividad. Atribuyéndose dicha aportación al uso apropiado de las TIC por parte de las empresas, adicional a la participación positiva del CH en dicho proceso, intuyendo nuevas prácticas organizativas (PO) en los nuevos contextos.

Por ejemplo trabajos internacionales como los de Barro (1999) y Middendorf (2006) sobre el CH señalan la incidencia de este en el crecimiento económico. A la par, a nivel microeconómico el interés por las PO, las TIC y nuevas formas del diseño del trabajo han mostrado impactar el desempeño de las empresas (Bresnahan et al., 2000; Brynjolfsson y Hitt, 2000; 2003; Hempell, 2003, 2005; Murphy, 2002; Black y Lynch, 2002; Arvanitis y Loukis, 2009;).

De hecho, los diferentes trabajos empíricos en este último campo han conducido al progresivo reconocimiento de una amplia literatura sobre la existencia de la complementariedad (Milgrom y Roberts, 1990a, b), esto es (co-innovación) entre TIC, Capital humano y las PO inicialmente expuesta a nivel microeconómico. Las PO en el entorno macroeconómico correspondería a la instituciones (prácticas institucionales), en la concepción académica de Acemoglu (2009), Acemoglu y Robinson (2004; 20013)

De este modo, en el emergente paradigma de la economía moderna, los niveles de productividad e innovación fundamentados en la sinergia entre el CH, las TIC, y las PO (instituciones²) se muestran ahora de importancia crítica como factores de complementariedades (co-innovación) que impactan la productividad e innovación.

Fue así como, la preocupación por la relación entre tecnología y productividad surgió y se incrementó a partir los primeros trabajos de Solow (1956; 1957) y Swan (1956) en contextos macroeconómicos. Las conclusiones posteriores dieron lugar a un gran número de estudios orientados a encontrar la relación positiva entre las TIC y la productividad (Brynjolfsson y Yang, 1996).

¹ Organización para la cooperación económica y el desarrollo (Organisation for Economic Co-operation and Development), equivalente en español a la OCDE

² Que en el presente caso y trabajo corresponde a las prácticas institucionales.

A pesar de que, las primeras investigaciones no señalaran evidencias relevantes, a partir de la segunda parte de la década de los noventa se empezó a apreciar cierta vinculación entre la inversión, el uso de las TIC y la productividad. De hecho, los estudios de Jorgenson señalaron el sentido de inversión, producción y uso de las TIC, presentando en efecto contribuciones importantes al crecimiento de la productividad en los Estados Unidos (USA).

Así mismo, estudios como el de la OECD facilitaron extrapolar dichas conclusiones a buena parte de los países desarrollados, así como a Estados Unidos y España (Stiroh, 2002; López, Minguela, Rodríguez y Santulli, 2006). A los que le siguieron otros destacados trabajos macroeconómicos (Jorgenson, 2001, 2003; Daveri, 2002; Ahmad, Schreyer y Wolfl, 2004; Timmer, Ypma y Van Ark, 2003; Piatkowski, 2006; Jorgenson y Vu, 2005, 2007; Van Reenen, Draca y Sadun, 2007; Draca y Sadun, 2006), sumando a la ampliación de las evidencias y la literatura internacional sobre el tema. Justamente, alrededor del año dos mil, tanto a nivel micro como macroeconómico se llegó a unos primeros consensos.

En este sentido, los trabajos seminales de Solow (1956) y Swan (1956) que fundamentaron la teoría neoclásica macroeconómica actual y la teoría de crecimiento económico fue el punto de partida de la nueva teoría endógena (Sala-i-Martin, 2000; Torrent, 2002). Más adelante se despertó gran interés a través de la hipótesis de Arrow (1962) y los aportes de Lucas (1988) y Romer (1986; 1987; 1990) con la hipótesis sobre la *economía de las ideas y del CH*, denominada la *economía de la tecnología*. Quienes introdujeron conceptos como las *externalidades de capital*, *learning by doing* y *knowledge spillovers*.

De hecho, el inicio y avance de la literatura sobre las TIC, desde una visión macroeconómica surgió alrededor los años 1970. No obstante que las TIC (PC; teléfonos, Internet, software, celulares, etc.) su impacto se dio a finales de los años 1990 y comienzos del 2000, con los trabajos de Jorgenson y Stiroh (1995; 2000; 2005), Gordon (2000; 2003) en USA. Sin desconocer, la existencia de otros estudios relevantes, ciertamente fue el trabajo de Jorgenson y Vu (2005) quien señaló el impacto de las TIC en el G7 y en el mundo, sin embargo, este trabajo no contempló variables como el CH, innovación, instituciones (Acemoglu, 2009; Acemoglu y Robinson, 2004; 2013), las PO y su incidencia sobre la productividad, que si considera el presente trabajo.

De su parte, la literatura microeconómica señala que a partir de la década de los años 2000 se estudiaron en conjunto variables como TIC, CH y PO (Bresnahan, Brynjolfson y Hitt, 1998; 2000; Hempell, 2003, 2005; Hempell y Zwick, 2008; Crespi, Criscuolo y Haskel, 2006; Arvanitis, 2005; Arvanitis y Loukis, 2009), en países desde USA, Reino Unido (UK), Australia, Alemania, Italia, Francia, España, Suiza y Grecia.

Es así como, los diferentes aportes empíricos a través del tiempo han ido señalando nuevas formas de estructuras económicas mundiales, fundamentadas en el uso intensivo de los flujos de información disponibles en Internet, en las que las TIC se

muestran como la infraestructura básica. De hecho, el análisis económico sugiere que cualquier tecnología aplicada a la producción es conocimiento, puesto que el stock del saber es usado para la reproducción productiva (David, 1990; Vilaseca y Torrent, 2006). De manera que, los efectos productivos de las TIC conducen al estudio económico del conocimiento (Dolfsman y Soete, 2006), sujeto a intercambio, ya sea como mercancía o como recurso. En donde las TIC, ubican al conocimiento y el aprendizaje en el centro de la esfera del crecimiento y desarrollo económico de los países.

De manera que, la abundante literatura relativa al impacto de las TIC sobre la productividad y el crecimiento económico señala una relevante relación entre tecnología y PIB per cápita (productividad), en el contexto de las aproximaciones exógenas y endógenas. Entendida la productividad como el producto por persona ocupada, y como uno de los indicadores económicos más importantes en la explicación del crecimiento económico a largo plazo (Vilaseca y Torrent, 2006; Torrent y Ficapal, 2010).

2. Materiales y métodos

El trabajo fue abordado en su parte inicial con una metodología tradicional de investigación, desde el estado del arte, la literatura internacional, recolección³, organización y procesamiento de los datos. A la par fueron utilizadas técnicas estadísticas de reducción de datos por factoriales, y las regresiones múltiples econométricas de modelos y familias de éstos en niveles⁴. La técnica de regresiones múltiples permitió determinar los niveles de productividad e innovación en cada región estudiada.

Una reducción de variables de 92 a 4 se logró mediante la *técnica de factoriales*⁵. Con la matriz de correlaciones y el método componentes principales, tomando como número fijo de *componentes* igual a 2 y la técnica rotación varimax, manejando los pesos o cargas factoriales, con el método de regresiones y las pruebas de adecuación KMO y Bartlett, se consiguió como resultado 3 nuevos factores representativos de las 4 variables anteriores finales. La técnica expone la varianza

³. La población total objeto de estudio fue de 49 países, discriminada así: veintidós países de AL, y veintisiete países de la organización de cooperación para el desarrollo económico (OCDE). El tamaño de la muestra se estableció en concordancia al número de países integrantes de cada región geográfica y de la disponibilidad de datos estadísticos que éstas tenían. Por lo que, la muestra fue estratificada y se tomó de forma digital y manual, de fuentes secundarias tales como: la base digital del banco mundial (WDI), sus publicaciones escritas (libros world development indicator de 1995-2010), complementados con los de las oficinas estadística de cada país, la OECD, ITU, Penn World Table (PWT-6), la red de indicadores de ciencia y tecnología (Ricyt) y búsqueda adicional en Internet.

⁴ Con la utilización de las herramientas de SPSS y Excel.

⁵. Ver Hair et al. (2008) y Ho (2006) y Quiroga-Parra (2013), tesis doctoral numeral 6.1.

total explicada por cada componente, las cargas factoriales de cada variable en cada componente y las concernientes comunales⁶. Los factores fueron utilizados para el procesamiento econométrico de las regresiones múltiples de las dos áreas geográficas y para los tres años estudiados⁷.

Así mismo, con la técnica de multivariantes se elaboraron las regresiones múltiples, con un modelo en niveles. En este caso, con fundamento en planteamientos teóricos de modelos microeconómicos previamente verificados, estos conceptos fueron aplicados en contextos macroeconómicos (Bresnahan, Brynjolfson y Hitt. (2000); Arvanitis (2005); Arvanitis y Loukis (2009); Badescu (2009) y Arvanitis, Loukis, Diamantopoulou (2013). Los modelos fueron calculados con base en los mínimos cuadrados ordinarios, previo estudio de las correlaciones, verificando el cumplimiento los supuestos (Wooldridge, 2008); Cameron and Trivedi, 2005) de los modelos⁸, usando métodos gráficos y pruebas formales. Así la justificación de la validez econométrica de los modelos se hizo a través del ajuste del modelo (R^2_{Ajustado}), el nivel de significatividad de la prueba F (Anova), y la prueba t, del nivel de significatividad (pv^9) de cada modelo y de cada regresor, estimando intervalos de confianza del 95%¹⁰.

Con el propósito de contrastar la hipótesis de investigación, en un proceso empírico se hizo uso de un modelo de productividad que reúne y confronta las nuevas fuentes co-innovadoras de la productividad de TIC, conocimiento, instituciones e innovación. Modelo en el que la variable dependiente es el nivel de productividad (PIB per cápita). Las variables independientes fueron la intensificación de capital físico productivo (ik^{11}), la intensificación de capital tecnología ($ikTIC$), la intensificación de capital físico no tecnología ($ikNOTIC$), las variables TIC (teléfonos, PC e Internet), el capital humano o conocimiento (matrícula escolar secundaria, matrícula escolar terciaria y alfabetización), las instituciones (gasto público total educación % del PIB, gastos salud gobierno % del PIB, grado de corrupción) y la innovación (gastos I&D, patentes, artículos).

En esta medida, fue posible establecer los determinantes de la productividad de cada región estudiada, a partir de los indicadores de las nuevas fuentes de productividad (uso TIC, conocimiento, instituciones e innovación).

⁶ Ver Quiroga-Parra (2013) tesis doctoral apéndice C, las tablas 1, 2 y 3 de ese trabajo resume los nuevos factores de este proceso, para AL, Asia y la OECD respectivamente.

⁷ Los factores utilizados, siendo los mismos, señalan leves variaciones de un año a otro en cada área geográfica, producto de los factoriales y de sus pesos en los componentes principales.

⁸ Los supuestos analizados fueron: linealidad paramétrica; los valores de X son fijos en muestreo repetido; $E(u_i | X_i) = 0$; homoscedasticidad; no autocorrelación; covarianza entre u_i y X_i es cero; $n > p$ parámetros; Variabilidad en valores de X; el modelo de regresión está correctamente especificado; no multicolinealidad perfecta y normalidad $H_0: X_i = 0$. Ver Wooldridge (2008); Cameron and Trivedi (2005) y Gujarati, D. (2002).

⁹ p-valor, en inglés conocido como p-value

¹⁰ La validez de los modelos trabajados se verificó mediante el análisis riguroso de todos los supuestos econométricos de las regresiones. El apéndice E del trabajo original, tesis doctoral año 2013 de Darío Quiroga-Parra, expone los resultados de once supuestos econométricos para cada regresión estudiada.

¹¹ Intensificación de capital $ik = ikTIC + ikNOTIC$, por lo que intensificación de capital tecnología $ikTIC = ik - ikNOTIC$, e intensificación de capital no tecnología $ikNOTIC = ik - ikTIC$.

Tabla 1. Factores originales producto de los factoriales y co-innovaciones de las regresiones múltiples

Factores AL	Factores Co-innovación AL
Factor 1 TIC (teléfono + PC) AL 2000	Co-innov 1: TIC (telef+PC)+CH (educ sec+alfab)+insti (gast educ+gast salud)
Factor 2 TIC (Internet) AL 2000	Co-innov 2: TIC (Telef + PC) +CH(educ secundaria + alfabetización)
Factor 1 CH (educ secund+tasa alfab) AL 2000	Co-innov 3: TIC (Telef+PC)+CH(educ terc)+insti (gast educ+gast salud)
Factor 2 CH (educ terciaria) AL 2000	Co-innov 4: TIC (Telef + PC) + Insti (gasto educación +gasto salud)
Factor 1 innovación (patente+artículos) AL 2000	Co-innov 5: CH(educ secund+alfabetiz) + insti (gasto educ+gasto salud)
Factor 2 Innovación (gasto I&D) AL 2000	Co-innov 6: CH(educ terciaria) + inst (gasto educación +gato salud)
Factor 1 Instituc (gast educ+gast salud) AL 2000	Co-innov 7: TIC(Inter)+CH(educ sec+alfab)+inst (gast edu +gast salud)
Factor 2 Instituciones(grado corrupción)AL 2000	Co-innov 8: TIC(Internet) +CH(educ secundaria + alfabetización)
	Co-innov 9: TIC(Internet) + inst (gasto educación +gasto salud)
	Co-innov 10: TIC(Internet) + CH (educ terc)+inst (gasto edu+gast salud)
Factores OECD	Factores Co-innovación OECD
Factor 1 TIC (Internet + PC) OECD 2000	Co-innov 1: TIC (PC +intern) +CH (sec + terc) + insti (gast. edu + salud)
Factor 2 TIC (teléfono) OECD 2008	Co-innov 2: TIC (PC + Inter) +CH(secund+Terc)
Factor 1 CH (educ sec+ educ terc) OECD 2000	Co-innov 3: TIC (PC + inter) +CH (alfabz) + insti (gast. edu + salud)
Factor 2 CH (tasa alfabetización) OECD 2000	Co-innov 4: TIC (PC + inter) + insti (gast. edu + salud)
Factor 1 Innovac (gast I&D+artículos)OECD 2000	Co-innov 5: CH (secund+terciar)+Insti (gast. edu + salud)
Factor 2 Innovación (patentes) OECD 2000	Co-innov 6: CH (alfabetiz) + inst (gast. edu + salud)
Factor 1 Instituc (gast educ+gast salud) OECD 2000	Co-innov 7: TIC (teléf) +CH (secund+terciar) + insti (gast. edu + salud)
Factor 2 Instituc (grado Corrupción)OECD 2000	Co-innov 8: TIC(teléfono) +CH(secund+terciaria)
	Co-innov 9: TIC (teléfono) + insti (gast. edu + salud)
	Co-inno 10: TIC (teléfono)+CH (alfabetización)+insti (gast. edu+Salud)

Fuente: elaboración propia

Para los modelos de regresión que incluyen las medidas de co-innovación, objetivo central del trabajo, las combinaciones más relevantes se efectuaron con fundamento en el concepto descrito en la tabla 1. Esto es que, si es co-innovación débil o co-innovación fuerte. La tabla 1 en la columna derecha presenta las combinaciones de factores más relevantes de co-innovación, la combinación de factores se tomó igual

para los tres períodos analizados, para las tres áreas geográficas y para todos los modelos utilizados¹². Los factores de la columna izquierda corresponden a los *factores iniciales y sus componentes principales*.

La técnica de corte transversal de regresiones múltiples para los años 2000, 2006 y 2008, fue seleccionada como la más adecuada para el trabajo. Lo anterior como producto del estudio y análisis cuidadoso de varias técnicas como datos de corte transversal, datos de panel (DP) y la técnica de análisis de fronteras estocásticas. Concluyéndose que la técnica datos de corte transversal se ajustaba más para la contrastación de la hipótesis y el objetivo del trabajo¹³.

Es destacable que para los modelos de regresiones con co-innovación fueron considerados dos tipos, la co-innovación débil (nivel 1) y la co-innovación fuerte¹⁴ (nivel 2), ver tabla 2. La primera se da cuando el factor co-innovación presenta solamente dos de las tres variables. Mientras que la segunda se da cuando el factor está conformado por tres variables TIC, conocimiento (CH) e instituciones (u organizaciones en el caso microeconómico), ver tabla 2.

Tabla 2. Tipos de co-innovación

TIPOS DE CO-INNOVACIÓN	NIVEL	NÚMERO DE VARIABLES	EJEMPLO
Co-innovación débil	Nivel 1	Factor con 2 variables diferentes co-innovación (TIC, CH)	Internet + educación secundaria
Co-innovación fuerte	Nivel 2	Factor con 3 variables diferentes co-innovación (TIC, CH, Instituciones)	Internet + educación terciaria + gastos educación

Fuente: Elaboración propia.

¹² Cada uno de los factores de co-innovación contiene de alguna manera las 4 variables originales independientes de productividad seleccionadas de TIC (teléfonos, PC e Internet), el CH (matrícula escolar secundaria, matrícula escolar terciaria y alfabetización), las instituciones (gasto público total educación % del PIB, gastos salud gobierno % del PIB, grado de corrupción) y la innovación (gastos I&D, patentes, artículos). No obstante y dado que, el concepto co-innovación genera procesos de innovación per se, ésta variable se considera implícitamente incluida en el proceso.

¹³ Ver documento original en capítulo 7, tesis doctoral Darío Quiroga-Parra (2013), que hace un amplio estudio de estas técnicas y su utilidad.

¹⁴ La co-innovación fuerte contiene siempre al factor instituciones.

3. Resultados

Teniendo en cuenta los datos y las metodologías econométricas más utilizadas, se estimó por mínimos cuadrados ordinarios, una función de productividad en la forma ya expuesta. Realizada de manera individual para AL y OECD, para los años 2000, 2006 y 2008.

En este sentido, a cada uno de los modelos en niveles se llegó a través de las regresiones múltiples, haciendo uso del procesamiento del software SPSS. Teniendo como resultados, los coeficientes estandarizados, sus niveles de significatividad (p-valor), el R^2 ajustado, la prueba F y demás datos requeridos para la verificación de los supuestos econométricos, representado en cada ecuación matemática y en las tablas de regresiones de este documento.

Así, la validez econométrica de cada uno de los modelos en niveles encontrada y expuesta en este trabajo fue rigurosamente verificada. Mediante el análisis de las correlaciones entre las variables independientes de cada regresión. Adicionalmente, cada regresión y modelo fue confrontado con once supuestos econométricos¹⁵. Es así como no se detectaron problemas de multicolinealidad, ni inconsistencias en los supuestos contemplados, que dificultaran la aplicación del método en cada una de las familias de modelos estudiados, ni en los años analizados de las tres regiones.

Siguiendo el análisis empírico al uso, mediante una función de producción de tipo Cobb-Douglas:

$$Y = AK^{\alpha}L^{\alpha-1} \quad (1)$$

Se eligió al PIB como una medida de producción (Jorgenson, 2001) y al PIB per cápita como la medida de productividad por persona, de este modo, se tiene una representación lineal. El punto de partida del modelo a contrastar se muestra en la producción de bienes de una economía a través de la función de producción:

$$Y_{i,t} = A_{i,t}f(K_{i,t}, L_{i,t}) \quad (2)$$

donde $Y_{i,t}$ es el output agregado del país o región geográfica i , a su vez t es el tiempo o período analizado, $K_{i,t}$ y $L_{i,t}$ los inputs del capital servicios y trabajo del país i o región geográfica i , en el período t . Estos factores se hacen productivos esencialmente mediante la apropiada combinación de ellos, aquí $K_{i,t}$ corresponde al

¹⁵. Los once supuestos econométricos aplicados a todos los modelos encontrados fueron: linealidad paramétrica; los valores de X son fijos en muestreo repetido; $E(u_i | X_i) = 0$; homoscedasticidad; no autocorrelación; covarianza entre μ_i y X_i es cero; $n >$ parámetros; Variabilidad en valores de X ; el modelo de regresión está correctamente especificado; no multicolinealidad perfecta y normalidad $H_0: X_i=0$. Ver Wooldridge (2008); Cameron and Trivedi (2005) y Gujarati, D. (2002).

capital, $L_{i,t}$ al trabajo y $A_{i,t}$ es la denominada tecnología o conocimiento para la teoría endógena del país o región geográfica i en el período t .

De donde el PIB per capital será:

$$y_{i,t} = A_{i,t} \cdot f(k_{i,t}) \quad (3)$$

donde, $y_{i,t}$ es el PIB *per cápita* (*nivel de productividad*) del país o región geográfica i , en el período t . A la par $A_{i,t}$ sigue siendo el indicador de *eficiencia tecnológica o conocimiento*, del país o región geográfica i en el período t (productividad total de los factores); $k_{i,t}$ es el capital en términos de la relación capital trabajo y que grosso modo, contiene el concepto $L_{i,t}$ del trabajo.

En el indicador de eficiencia $A_{i,t}$, de las ecuaciones anteriores están incorporados los *nuevos factores de productividad TIC, CH* e instituciones de los países o regiones, de la hipótesis, con *capacidad de generar innovación*. Así se puede establecer los determinantes de la productividad ($A_{i,t}$) a partir de indicadores que recogen el uso intensivo de los factores de productividad de un país o región.

La estructura estándar de la función de producción, siguiendo a Jorgenson (2007), puede ser extendida en términos de las consideradas nuevas fuentes de la productividad expuestas, así:

$$Y_{i,t} = A_{i,t} \cdot f[K_{i,t}(K, K_{TIC}, K_{noTIC}), L_{i,t}(L_{CH}, L_{MO})] \quad (4)$$

Donde $K_{i,t}$ es el capital físico productivo, K_{TIC} es el capital tecnología TIC productivo, K_{noTIC} el conjunto de capital no tecnología productivo, L_{CH} el capital humano calificado (conocimiento) y L_{MO} el trabajo o mano de obra.

Que en términos de productividad *per cápita* se tendrá:

$$y_{i,t} = A_{i,t} \cdot f[k_{i,t}(k, k_{TIC}, k_{noTIC})].$$

3.1 Regresiones log-log co-innovación (complementariedad), factores para AL

La teoría microeconómica de complementariedad (co-innovación) de la literatura expuesta fue aplicada aquí en contextos macroeconómicos. Para esto, se utilizó la familia de regresiones múltiples co-innovación con factores, que permitió verificar la validez de ésta y aplicabilidad en el nuevo contexto. La literatura de contextos

microeconómicos de Milgrom y Roberts (1990a, b, 1995); Bresnahan et al. (2000); Arvanitis (2005); Arvanitis y Loukis (2009); Badescu y Garcés (2009) y Arvanitis, Loukis, Diamantopoulou (2013) fue utilizada y verificada macroeconómicamente con los siguientes modelos.

Siguiendo los análisis empíricos relativos al uso, la tabla 3 presenta para AL en los años 2000, 2006 y 2008, los modelos log en niveles de co-innovación con factores. Éstos recogieron el perfil, características¹⁶ y tipología de los parámetros de los tres modelos de AL, de forma individual y en su conjunto, en cuanto a parámetros estadísticos y econométricos, de las diferentes variables independientes ($x_1, \dots, x_n$) que aportan a la variable dependiente y . Cabe señalar, la notable capacidad explicativa de los modelos para AL, en los tres años analizados. A la par, los análisis de normalidad y el de cada uno de los diez supuestos econométricos de Cameron and Trivedi (2005) fueron revisados en detalle en cada regresión. De hecho, no se detectaron problemas de multicolinealidad, ni inconsistencias en los supuestos contemplados, que dificultaran la aplicación del método en cada una de las familias de modelos estudiados, ni en los años analizados de las regiones estudiadas.

Tabla 3. Los determinantes del nivel de productividad en AL, años 2000, 2006 y 2008¹⁷. Modelo log-log en niveles variable co-innovación con factores

Variables (componentes)	Modelo AL 2000 (1)	Modelo AL 2006 (2)	Modelo AL 2008 (3)
Constante	4,782***	4,851***	4,825***
ln_IKTIC	0,709***	0,685***	0,683***
Co-innovación [TIC(telef+ PC) +CH(educ secund+alfabet)	0,283**	0,347**	0,342**
R ² _{ajustado}	0,699	0,728	0,729
F	25,331	29,168	29,214
Significatividad	0,000	0,000	0,000

*** Significativo al 99% de confianza; ** Significativo al 95% de confianza; * Significativo al 90% de confianza

Fuente: Elaboración propia con datos de WDI, <http://ddp-ext.worldbank.org/ext/DDPQQ/member.do?method=getMembers>

Por lo tanto, de la tabla 3 se dedujo que, el poder explicativo de los modelos fue alto. Dado que, el p-valor de la prueba F de las anovas fue de 0,000, significativa estadísticamente en un intervalo de confianza al 95% y los R² corregidos tuvieron valores de 0,699, 0,728 y 0,729. De donde se coligió que, el conjunto de variables

¹⁶. Las características de cada modelo y de cada regresión fueron complementadas en el presente trabajo con el análisis de todos los supuestos econométricos basados en Wooldridge (2008); Cameron and Trivedi (2005) y Gujarati, D. (2002). Gujarati (2002).

¹⁷. Análisis de regresión múltiple por mínimos cuadrados ordinarios. Variable dependiente: y = PIB per cápita (log), coeficientes estandarizados.

incorporadas en los modelos presentaron un poder de dilucidación significativo en la explicación del nivel de productividad del conjunto de países en los tres años analizados.

Así mismo, en relación con los coeficientes β estandarizados para el conjunto de países de AL en el año 2000, se observaron elementos relevantes. Primero, el capital productivo tecnología iTIC fue el factor más importante en la explicación del nivel de productividad de AL con un coeficiente de 0,709 significativo al 99% de confianza. Segundo, que el factor co-innovación que contenía las variables TIC (PC + teléfonos fijos), y capital humano (matrículas educación secundaria y alfabetización) se mostró significativo en un nivel de confianza del 95% incidiendo en la explicación del nivel de productividad de esta región con un coeficiente de 0.283.

Similarmente, la misma tabla, la columna dos expone el modelo de co-innovación para AL año 2006. En lo referente a los coeficientes β de las regresiones, es preciso destacar que el factor capital tecnológico productivo (iTIC) fue el más relevante en la explicación del nivel de productividad de AL, con un coeficiente de 0,685 y estadísticamente significativo al 99% de confianza. Así mismo, el factor co-innovación conformado por las mismas variables se mostró significativo al 90% de confianza, razón por la que reveló incidencia de un 0,347 en la explicación del PIB *per cápita* de AL.

En la misma dirección, en la columna tres de la tabla 3 se presenta el modelo de co-innovación de AL para el año 2008. De los coeficientes β logarítmicos estandarizados es importante resaltar que: el factor capital tecnológico productivo iTIC fue estadísticamente significativo al 99% de confianza, con un coeficiente de 0,683 que expuso una importante explicación del nivel de productividad para el año 2008 en AL. Segundo, el factor co-innovación compuesto por las mismas variables de los dos años anteriores mostró incidencia explicativa en el nivel de productividad de AL en el año 2008 con un coeficiente de 0,342 significativo al 95% de confianza.

En resumen, en un modelo de co-innovación en niveles con factores para AL en los años 2000, 2006 y 2008, la explicación del nivel de productividad se mostró dada en los tres años por el capital productivo tecnológico iTIC. La introducción de la dimensión de los indicadores de co-innovación que capturan las complementariedades entre TIC, conocimiento (CH) e instituciones en el caso de AL apuntó ser una co-innovación esencialmente débil¹⁸. Esto es que, el factor estaba conformado por dos variables solamente: co-innovación [TIC (PC +teléfonos fijos) + CH (educación secundaria + alfabetización)], en los tres años analizados.

¹⁸. Se consideraron dos tipos de co-innovación: primero, co-innovación fuerte cuando el factor está conformado por tres variables TIC, conocimiento (CH) y por instituciones; segundo, la co-innovación débil se da cuando el factor presenta solamente dos de las tres variables. La co-innovación fuerte debe contener a instituciones, ver tabla 2 en metodología.

3.2 Regresiones log-log co-innovación (complementariedad) factores OECD

La tabla 4 en los años 2000, 2006 y 2008 presenta los modelos en niveles con la variable *co-innovación* con factores. Ésta recogió el perfil de los tres modelos en sus parámetros estadísticos y econométricos¹⁹. Siguiendo los análisis empíricos relativos al uso, se analizaron los resultados de las regresiones de la función de producción. El análisis de los supuestos de econométricos (Cameron and Trivedi, 2005) en los tres modelos incluyendo el de normalidad, no señalaron problemas econométricos

De este modo, en la columna uno se muestra el modelo para el año 2000. Los resultados empíricos señalaron la notable capacidad explicativa del modelo con p-valor de 0,000 y nivel de ajuste R^2 (corregido) de 0.872. Deduciéndose que, el conjunto de factores (variables independientes) introducidos en el modelo mostraron una importante capacidad explicativa del nivel de productividad del total de países de la OECD en este año. Igualmente, los coeficientes β estandarizados del mismo año evidenciaron algunas destacadas características del modelo. Primera, el capital físico productivo ik con coeficiente positivo 0,875 de presentaron una máxima aportación y explicación del nivel de productividad de la OECD del año 2000, significativo al 99% de confianza. Segunda, el factor co-innovación fuerte²⁰ fue una contribución positiva a la explicación del nivel de productividad de la región de 0,204, significativo al 90% de confianza.

A la par, en el año 2006 la columna dos de la tabla 4, expone el modelo de co-innovación con factores. El análisis empírico señaló que el poder de explicación del modelo fue de p-valor = 0,000 y el nivel de ajuste (corregido) R^2 fue de 0,493.

Simultáneamente, para los coeficientes β del conjunto del tejido productivo de los 27 países, se precisaron algunas características. Primera, el coeficiente de 0,625 del $ikNOTIC$ fue relevante en la explicación del nivel de productividad, de la OECD significativo al 99% de confianza. Segunda, el factor co-innovación (complementariedad) fuerte²¹, señaló ejercer un impacto positivo y destacada contribución a la explicación del nivel de productividad con coeficiente de 0,266 significativo al 90% de confianza.

¹⁹. Las características de cada modelo y de cada regresión fueron complementadas en el presente trabajo con el análisis de todos los supuestos econométricos basados en Wooldridge (2008); Cameron and Trivedi (2005) y Gujarati, D. (2002).

²⁰. Co-innovación fuerte (tres factores), estuvo conformado por los factores TIC (PC e Intranet), capital humano (matrícula secundaria y terciaria), e instituciones (gasto público educación % del PIB y gasto salud gobierno % del PIB).

²¹. Co-innovación fuerte, constituido por los factores tecnología TIC (Internet y PC), capital humano (matrícula secundaria y alfabetización), e instituciones (gasto público educación % del PIB y gasto salud gobierno % del PIB).

Finalmente, para la OECD en el año 2008, la misma tabla 4 columna tres, empíricamente el modelo exhibió una notable capacidad explicativa (p -valor = 0,000) y su bondad de ajuste (corregido) R^2 fue de 0.570.

Tabla 4. Los determinantes del nivel de productividad en OECD, años 2000, 2006 y 2008²². Modelo log-log en niveles variable co-innovación con factores

Variables (componentes)	Modelo OECD 2000 (1)	Modelo OECD 2006 (2)	Modelo OECD 2008 (3)
Constante	-3,704**	2,605	1,950
ln_IK	0,875***	--	--
ln_IKNOTIC	--	0,625***	0,665***
Co-innov[TIC(Internet+PC) +CH(Educ secund+ educ terciaria)+Insti(gast educación +gasto salud)]	0,204**	--	0,269*
Co-innov[TIC(Internet + PC) +CH(educ secundaria + alfabetización) + Insti(gasto educación +gasto salud)]	--	0,266*	--
R^2 ajustado	0,872	0,493	0,570
F	89,769	13,653	15,921
Significatividad	0,000	0,000	0,000

*** Significativo al 99% de confianza; ** Significativo al 95% de confianza; * Significativo al 90% de confianza

Fuente: Elaboración propia con datos de WDI, <http://ddp-ext.worldbank.org/ext/DDPQQ/member.do?method=getMembers>

A la par, los coeficientes β estandarizados mostraron algunas características subrayables. Primera, la inversión en capital físico productivo no TIC (ikNOTIC) con coeficiente de 0,665, significativo al 99% de confianza fue el factor más relevante en la explicación del nivel de productividad de la región. Segunda, el factor co-innovación fuerte²³, con coeficiente de 0,269 significativo al 90% de confianza, ejerció una contribución e impacto positivo a la explicación del nivel de productividad del conjunto de países OECD del año 2008.

En síntesis, cuando se utilizó un modelo de co-innovación para la OECD en los años 2000, 2006 y 2008, la intensificación de capital físico productivo y capital no tecnológico productivo fueron los factores más relevantes, en la explicación del nivel de productividad de la región. Seguidos por el factor co-innovación fuerte en los tres

²². Análisis de regresión múltiple por mínimos cuadrados ordinarios. Variable dependiente: y = PIB per cápita (log), coeficientes estandarizados.

²³. Co-innovación fuerte constituido por los factores TIC (PC e Internet), capital humano (matrícula secundaria y terciaria), e instituciones (gasto público educación % del PIB y gasto salud gobierno % del PIB).

períodos. Resaltándose la presencia de co-innovación fuerte que capturó las complementariedades entre TIC, conocimiento (CH) e instituciones.

4. Discusión

Los hallazgos del presente trabajo señalan que, los modelos microeconómicos de complementariedad (co-innovación) observados en Milgrom y Roberts (1990a, b, 1995); Bresnahan et al. (2000); Arvanitis (2005); Arvanitis y Loukis (2009); Badescu y Garcés (2009) y Arvanitis, Loukis, Diamantopoulou (2013) con factores de TIC, capital humano y prácticas organizativas (prácticas Institucionales) pueden ser extrapolados y aplicados en contextos macroeconómicos. En donde las prácticas organizativas son sustituidas por las prácticas institucionales. Dichos hallazgos evidencian la existencia de la teoría de la complementariedad (co-innovación) entre los factores estudiados ahora en entornos macroeconómicos igualmente.

Es así como, los principios de complementariedad (co-innovación) que se han venido evidenciando en las empresas de los países desarrollados, en los factores de TIC, capital humano y prácticas organizativas, se muestran relacionados en la misma dirección de comportamiento para las regiones y países. Esto es que, dichos factores de producción pueden generar innovación, e incrementando los niveles de productividad igualmente en los países; conforme lo muestran los resultados tanto en la OECD como en AL en el presente trabajo.

Es más, los resultados del presente trabajo evidencian igualmente la teoría de Solow (1956, 1957) y Swan (1956), señalando la existencia de unas nuevas fuentes de producción diferentes y adicionales a las ya existentes de capital, tierra y mano de obra. Señalando que, Solow y Swan estaban en lo correcto, al indicar que deberían de existir otros factores diferentes a los tradicionales que estaban incrementando la productividad en las empresas y en los países. En concreto, eso indicaría que las TIC, el CH (conocimiento), las prácticas institucionales (organizativas) y la innovación en aspectos de complementariedad se muestran como unas nuevas fuentes de productividad, tanto micro con trabajos como los de Bresnahan et al. (2000), Arvanitis (2005), Arvanitis y Loukis, (2009), Arvanitis, Loukis, Diamantopoulou (2013). Y ahora en contextos macroeconómicas, con los resultados del presente documento.

Así mismo, los valores de co-innovación con tres factores de TIC, CH e instituciones en la OECD están indicando que estas economías están siendo impactadas por estos factores. Expresando así la existencia de unas economías fundamentadas en el uso intensivo del conocimiento en estos países, con coeficientes positivos, significativos estadísticamente y crecientes desde 0,204; 0,266 hasta 0,269, con importantes niveles productividad e innovación. A la par, para AL que muestra el

uso de los factores TIC y CH, con una co-innovación débil significativa, ascendente y positiva, desde 0,283 y 0,347 hasta 0,342 en su coeficiente de las variables explicativas señala que, la región está en un proceso de apropiación de las TIC y conocimiento-CH, con escasos niveles de innovación. No obstante, los resultados econométricos muestran el fuerte potencial de AL, en términos de mejoramiento de la eficiencia productiva, como evidencia previa; sin embargo, no se encontraron estudios previos en la misma dirección y temática, que refuerce el presente hallazgo.

Ahora bien, un comprobado modelo microeconómico (en empresas internacionales) de TIC, CH y prácticas organizativas es evidenciado aquí en contextos macroeconómicos de la OECD y AL. En donde, la revisión de la literatura internacional señala a este trabajo como uno de los primeros en hacerlo. A la par, el trabajo evidencia que las TIC, CH, instituciones (prácticas institucionales) e innovación son unas nuevas fuentes de productividad, en los países también. Así mismo se verifica que la innovación en los países es producto de la complementariedad de TIC, CH y prácticas institucionales (organizativas); significando un aporte a la literatura internacional sobre estos temas. No obstante, estudios como los de Jorgenson, Stiroh (1995; 2000; 2005) hasta Jorgenson y Vu (2007; 2010) y Kretschmer (2012) igualmente evidencian el impacto de las TIC en la productividad de los países de manera puntual, y a su vez los de Romer (1986, 1987) y Lucas (1988) el impacto del CH; ambos de forma individual. Sin embargo, no se observan estudios macroeconómicos que verifiquen los niveles de productividad de forma conjunta de: TIC, CH, instituciones e innovación.

Así mismo, el hecho que el capital humano esté presente en los factores de complementariedad (co-innovación) estudiados, en los resultados del presente trabajo significa la verificación de la teoría del capital humano de Schultz (1961) y Becker (1962, 1993), demostrada por Romer (1986, 1987) y Lucas (1988) previamente. De manera que, los resultados a su vez significan la evidenciación de la presencia y existencia de una economía endógena en los términos de Romer y Lucas, en los entornos estudiados, específicamente en la OECD.

Es más, los seis resultados econométricos de co-innovación de la OECD y AL expresan clara evidencia que, la innovación se produce esencialmente por la complementariedad entre el uso intensivo de las TIC, el conocimiento o CH y las prácticas institucionales (organizativas). Resultados macroeconómicos que, muestran total correspondencia con los hallazgos microeconómicos desde Bresnahan et al. (2000) hasta Arvanitis, Loukis, Diamantopoulou (2013), en la dirección Milgrom y Roberts (1990a). De hecho, estos principios y relaciones micro y macroeconómicas se muestran igualmente extrapolables a otros entornos de países y empresas.

De hecho, este trabajo contribuye a la literatura internacional del tema, de múltiples maneras en el contexto de la economía y sociedad del conocimiento, así: A dilucidar la paradoja de las TIC y el paradigma de la innovación macro y microeconómica; a ampliar las evidencias de las nuevas fuentes de productividad a contextos

macroeconómicos; a verificar la importancia del CH y el uso intensivo del conocimiento; en la confirmación y existencia de una economía fundamentada en el uso intensivo del conocimiento, las TIC e innovación; sin ser parte del objetivo del trabajo aporta a la evidenciación y existencia de la teoría endógena de Romer y Lucas, así como a la del CH; extendiendo la teoría de las nuevas fuentes de productividad TIC, CH e instituciones (prácticas institucionales- organizativas) a entornos macros; finalmente, exponiendo la existencia de la teoría de co-innovación (complementariedad) en contextos igualmente macroeconómicos.

5. Conclusiones

El análisis econométrico comparado de regresiones múltiples, de los niveles de productividad de América Latina y la OECD expresa las siguientes conclusiones empíricas:

- **Primera.** Los resultados señalan que América Latina presenta bajos niveles de productividad. En donde las no apropiadas prácticas institucionales se muestran como una de las razones causales. Hechos evidenciados en la existencia de una co-innovación débil que no captura la complementariedad de las instituciones.
- **Segunda.** América Latina señala primeras evidencias de estar en proceso incipiente de transición hacia la economía del conocimiento de una manera frágil. Los resultados econométricos de regresiones múltiples, expresan la existencia del uso de nuevos factores de producción como las TIC, uso intensivo del conocimiento con débil presencia de instituciones. Los hallazgos dan respuesta a la pregunta principal del presente trabajo que indagó sobre ¿cuál es el estado del proceso de transición hacia la economía del conocimiento en los países de AL?
- **Tercera.** Las nuevas fuentes co-innovadoras de la productividad explican solo marginalmente el PIB per cápita de América Latina (hipótesis). Esto es que, los modelos econométricos multifactoriales señalan la existencia del uso solo de teléfonos fijos y computadoras, en presencia de educación secundaria, con ausencia de Internet e instituciones fuertes y educación terciaria de calidad. Los niveles de productividad se fundamentan en el uso intensivo de capital tecnológico iKTIC, en presencia del capital físico. El resultado evidencia y confirma la hipótesis de trabajo.

- **Cuarta.** América Latina posee un potencial infraestructura tecnológico productivo TIC frágil aún, con prácticas institucionales sin consolidarse. De manera que, los procesos de *co-innovación* se muestra débiles, sin apropiadas prácticas institucionales, bajos índices de TIC y educación de calidad. De este modo, las principales falencias que expresan la *co-innovación* y la productividad son: la poca existencia de Internet; productividad soportada en educación secundaria, por falencias en la educación terciaria, hipotéticamente en su calidad; finalmente instituciones frágiles por sus prácticas organizativas.
- **Quinta.** La OECD muestra ser una región con fortalezas en productividad e innovación. Hechos evidenciados en los modelos en niveles de *co-innovación* fuerte en los tres períodos analizados. Esto es que, las nuevas fuentes *co-innovadoras* de la productividad (uso TIC, conocimiento, instituciones e innovación) explican ampliamente el PIB per cápita (nivel de productividad).
- **Sexta.** Las complementariedades entre uso intensivo de las TIC, conocimiento, instituciones e innovación, son consideradas nuevas fuentes *co-innovadoras* de la productividad, capaces de explicar el PIB per cápita (nivel de productividad). Así lo reflejan los resultados empíricos en la OECD y AL.
- **Séptima.** Los procesos de innovación no se producen de manera aislada dentro de los contextos macro y microeconómicos (Arvanitis, 2005 y Arvanitis y Loukis 2009; 2013), sino de manera complementaria (*co-innovación*). Esto es, con la convergencia de las variables TIC, conocimiento e instituciones (prácticas institucionales-organizativas). De este modo, el paradigma de la innovación empieza a dilucidarse, al abrirse paso en la literatura internacional la teoría de *co-innovación* (complementariedad), y al evidenciarse en los contextos macroeconómicos del presente trabajo.
- **Octava.** El uso y aplicación de las nuevas fuentes de la productividad, TIC, conocimiento, instituciones e innovación muestran tener tanta relevancia como el mismo capital productivo, cuando *son apropiadamente combinados como factores de producción*. Así lo evidencian los resultados de los modelos econométricos estudiados para la OECD y AL.

- **Novena.** Las TIC más allá de considerarse el núcleo central de un proceso de transformación productiva, es un factor que no actúa solo, sino en complementariedad con otros factores como el conocimiento (capital humano) y las instituciones (prácticas Institucionales- organizativas). A la par, los resultados permiten intuir que las habilidades (skills), antes que la inversión en la tecnología juega un papel importante en la explicación de los niveles de productividad.
- **Y, décima.** Este trabajo contribuye a la literatura macroeconómica de productividad e innovación a menos de nueve maneras: primero, en el análisis de los factores de TIC, de capital humano e instituciones, y sus variables que las conforman; factores que han venido siendo considerados protagonistas de la productividad y de la innovación en las últimas tres décadas. Segundo, en el mismo escenario, en el estudio de los indicadores de productividad e innovación considerados relevantes como inputs y outputs de los procesos de producción. Tercero, en el análisis comparado macroeconómico de dos regiones de niveles de productividad e innovación, con diferentes niveles de desarrollo tecnológico y económico. Cuarto, aplicando y verificando probados modelos microeconómicos en contextos macroeconómicos. Quinto, mostrando como primeras evidencias la existencia de tres nuevas fuentes de productividad e innovación TIC, CH e Instituciones para AL y la OECD, en los términos de la teoría de Solow y Swan. Sexto, a la verificación de la teoría de co-innovación entre factores (complementariedad) en contextos macroeconómicos. Séptimo, a resaltar los factores intangibles de productividad que están contribuyendo a la consolidación de una economía fundamentada en el uso intensivo del conocimiento. Octavo, a aporta a la literatura del uso intensivo del conocimiento como fuente de productividad e innovación. Noveno, contribuyendo en la verificación y existencia de la economía del conocimiento.

De los resultado y conclusiones surgen preguntas que focalizan futuras líneas de investigación como: ¿Conocen las Universidades de América Latina sobre los cambios paradigmáticos de la actual economía fundamentada en el uso intensivo del conocimiento, que impacta la educación terciaria y la economía, así como de la pertinencia de las nuevas fuentes de la co-innovación y su impacto en el nivel de productividad su crecimiento?. Por lo que se sugiere avanzar en AL en líneas de investigación como: i) las nuevas fuentes causales de la productividad en la economía y sociedad del conocimiento y su incidencia en la productividad micro y macroeconómica, ii) sobre los factores de co-innovación (complementariedad), con

capacidad de acelerar los niveles de innovación con el uso intensivo del conocimiento, de las TIC y las prácticas institucionales-organizativas.

Agradecimientos

Nuestros agradecimientos al Internet Interdisciplinary Institute (IN3) por su decidida colaboración en esta investigación, en especial por la estancia de investigación que facilitó la recogida de datos internacionales.

Referencias bibliográficas

- Abbate, J. (1999). *Inventing the internet*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Acemoglu, D. y Robinson, A. (2013). Por qué fracasan los países, Deusto.
- Ahmad, N; Schreyer, P. y Wölfl, A. (2004). *ICT investment in OECD countries and its economic impact*. The economic impact of ICT: measurement, evidence, and implications. Paris: OECD.
- Arrow, K. (1962). The economic implications of learning by doing. *Review of the Economic Studies*, 29, 155-173.
- Arvanitis, S. (2005). Computerization, workplace organization, skilled labour and firm productivity: evidence for the swiss business sector. *Economics of Innovation and New Technologies*, 14(4), 225-249.
- Arvanitis, S. y Loukis, E. (2009). Information and communication technologies, human capital, workplace organization and labour productivity: a comparative study based on firm-level data for Greece and Switzerland. *Information Economics y Policy*, 21(1), 43-61.
- Arvanitis, S.; Loukis, E.; Diamantopoulou, V. (2013): Are ICT, workplace organization and human capital relevant for innovation? A comparative study based on Swiss and Greek micro data, KOF Working Papers, KOF Swiss Economic Institute, ETH Zurich, No. 333.
- Atkeson, A. y Kehoe, P. (2001). The transition to a new economy after the second industrial revolution. *NBER Working Paper*, 8676.

- Badescu, M. y Garcés, C. (2009). The impact of information technologies on firm productivity: empirical evidence from Spain. *Technovation*, 22(2), 122-129.
- Barro, R. (1999). Human capital and growth in cross-country regressions. *Swedish Economic Policy Review*, 6, 237-277.
- Bauer, T. y Bender, S. (2003). Technological change, organizational change, and job turnover. *Labour Economics*, 11, 265-291.
- Bell, D. (1976). *El advenimiento de una sociedad postindustrial*. Madrid: Alianza.
- Black, S. y Lynch, L. (2002). Measuring organizational capital in the new economy. CES Working Paper, Washington D.C., 02-04.
- Becker, G. (1962). "Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis". The journal of political Economy, V 70, issue 5, part 2: investment in Human Capital beings, 9-49.
- Becker, G. (1993). Human Capital. A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education, the University of Chicago Press, New York, (3ª Ed.).
- Bresnahan, T. y Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies engines of growth. *Journal of Econometrics*, 65, 83-108.
- Bresnahan, T.; Brynjolfsson, E. y Hitt, L. (2000). Information technology, workplace organization, and the demand of skilled labor: firm-level evidence. *Quarterly Journal of Economics*, 117, 339-376.
- Brynjolfsson, E. (1993). The productivity paradox of information technology: review and assessment. *Communications of the ACM*, 36(12), 67-77.
- Brynjolfsson, E. y Hitt, L. (1998). Beyond the productivity paradox: computers are the catalyst for bigger changes. *Communications of the ACM*, 41(8), 49-55.
- Brynjolfsson, E. y Hitt, L. (2000). Beyond computation: information technology, organizational transformation and business performance. *Journal of Economic Perspectives*, 14, 23-48.
- Brynjolfsson, E. y Hitt, L. (2003). Computing productivity: firm-level evidence. *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 793-808.
- Brynjolfsson, E. y Yang, S. (1996). Information technology and productivity: a review of the literature. *Advances in computers*, 43, 179-214.

- Cameron, A.C., Trivedi, P.K. (2005). *Microeconometrics Methods and Applications*, ed. Cambridge University Press, New York
- Castells, M. (2000). *The rise of the network society*. (2^a Ed.). Malden: Backwell Publishers Ltd.
- Crafts, N. (2000). *The Solow productivity paradox in historical perspective. Long-Term Trends in the World Economy*. Copenhagen: University of Copenhagen.
- Crespi, G., Criscuolo, C., Haskel, J. (2006). *Information Technology, Organizational Change and Productivity Growth: Evidence from UK Firms*. Queen Mary College, University of London Working Paper No. 558, London.
- Daveri, F. (2002). The New Economy in Europe: 1992-2001. *Oxford Review of Economic Policy*, 18(4), September, 345-362.
- David, P. (1990). The dynamo and the computer: a historical perspective on the modern productivity paradox. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 80(2), 355-361.
- DeLong, B. (2001). *A historical perspective on the new economy*. Ponencia presentada en The New Economy Conference, Montreal, Canada.
- Dolfsman, W. y Soete, L. (2006). *Understanding the dynamics of a knowledge economy*. Cheltenham, MA: Edward Elgar.
- Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G. y Soete, J. (1988). *Technical change and economic theory*. Nueva York: Pinter Publishers.
- Dos Santos, B.; Peffers, K. y Mauer, D. (1993). The impact of information technology investment announcements on the market value of the firm. *Information Systems Research*, 4(1), 1-23.
- Draca, M. y Sadun, R. (2006). Productivity and TIC: a review of the evidence. *CEP Discussion, paper 749*.
- Freeman, C. y Pérez, C. (1988). *Structural crises of adjustment, business cycles and investment behavior. Technical change and economic theory*. Londres: Pinter Publishers.
- Gordon, R. J. (2000). Does the "new economy" measure up the great inventions of the past?, *Journal of Economic Perspectives*, 14, 49-74.

- Gordon, R. (2003). Exploding productivity growth: context, causes, and implications. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 207–279.
- Gujarati, D. (2002). *Econometría Básica*, tercera edición. Bogotá: McGraw-Hill.
- Hempell, T. (2003). Do computers call for training? firm-level evidence on complementarities between ICT and human capital investments. *ZEW Discussion Paper* No. 03-20, Mannheim.
- Hempell, T. (2005). What's spurious? what's real? Measuring the productivity impacts of ICT at the firm level. *Empirical Economics*, forthcoming.
- Hempell, T. y Zwick, T. (2008). New technology, work organization, and innovation. *Economics of innovation and New Technologies*, 17(4), 331-354.
- Jorgenson, D. (2001). Information technology and the U.S. economy. *American Economic Review*, 9(1), 1-32.
- Jorgenson, D. (2003). Information technology and the G7 Economies. *World Economics*, 44, 139–170.
- Jorgenson, D.; Ho, M. y Stiroh, K. (2005). *Productivity (Vol 3). Information technology and the American growth resurgence*. Cambridge: The MIT Press.
- Jorgenson, D. y Stiroh, K. (1995). "Computers and Growth". *Economics of Innovation and New Technology*, 3(3-4), 295-316.
- Jorgenson, D. y Stiroh, K. (2000). Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1, 125-211.
- Jorgenson, D. y Vu, K. (2005). Information technology and the world economy. *Scandinavian Journal of Economics*, 107(4), december, 631-650.
- Jorgenson, D. y Vu, K. (2007). Latin America and the world economy. Proyecto Sociedad de la Información, Santiago. Chile, Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- Jorgenson, D. y Vu, K. (2010). *América Latina y la economía mundial*. En: Fuentes de crecimiento y productividad en Europa y AL. Coremberg, A.; Pérez F. (eds), Fundación BBVA, 1º adicción Bilbao.
- Jovanovic, B. y Rousseau, P. (2005). *General purpose technologies*. En: Aghion, P.; Durlauf, S. (eds.). *Handbook of Economic Growth*. Ámsterdam: Elsevier North-Holland.

- Kranzberg, M. (1985). *The information age: evolution or revolution?*. En: Kranzberg, M. (ed.). Information technologies and social transformation. Washington D. C.: National Academy of Engineering.
- Kretschmer, T. (2012), "Information and Communication Technologies and productivity Growth: A Survey of the Literature", *OECD Digital Economy Papers*, No. 195, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5k9bh3jllgs7-en>.
- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- López, J.; Minguela, B.; Rodríguez, A. y Santulli, F. (2006). Is the internet productive? A firm-level analysis. *Technovation*, 26(7), 821-826.
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*. mimeo, Parma, 22.
- Middendorf, T. (2006). Human capital and economic growth in OECD countries. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 226 (6), 670-686.
- Milgrom, P. y Roberts, J. (1990a). The economics of modern manufacturing. *American Economic Review*, 80(3), 511-528.
- Milgrom, P. and Roberts, J. (1990b), Rationalizability, learning and equilibrium in games with strategic complementarities, *Econometrica* 58, 1255-1278
- Milgrom, P. y Roberts, J. (1995). Complementarities and fit: strategy, structure and organizational change in manufacturing. *Journal of Accounting and Economics*, 19, 179-208.
- Murphy, M. (2002). Organizational change and firm performance. *STI Working Paper* 2002/14, OECD, Paris.
- OECD (2004). *The economic impact of ICT - measurement, evidence and implications*. Paris: OECD.
- OECD (2000). A new economy?: The changing role of innovation and Information technology in growth. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Parsons, D.; Gotlieb, C. y Denny, M. (1993). Productivity and computers in Canadian banking. *Journal Productivity Analysis*, 4, 95-113.

- Piatkowski, M. (2006). Can information and communication technologies make a difference in the development of transition economies?. *Information Technologies and International Development*, MIT Press, 3(1), 39-53.
- Quiroga-Parra (2013). TIC, conocimiento, innovación y productividad: Un análisis empírico comparado sobre las fuentes de la eficiencia en América Latina, países asiáticos y OECD. Universidad Oberta de Catalunya, grupo i2TIC, documento inédito en prensa.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P. (1987). Growth based on increasing returns due to specialization. *American Economic Review Papers and Proceeding*, 77, 56-62.
- Romer, P. (1990). Endogenous technical change. *Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Barcelona: Antoni Bosch Editor S.A.
- Schultz, T. (1961). Investment in human capital. *American Economic Review*. Marzo, 1-17.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R. (1957). Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, 39(3), August, 312-20.
- Solow, R. (1987). We'd better watch out. *New York Times Book Review*, July 12, 36.
- Stiroh, K. J. (2002). Information Technology and the U.S. Productivity Revival: What Do the Industry Data Say?. *The American Economic Review*, Vol. 92, No. 5, pp. 1559-1576.
- Swan, T. (1956). Economic growth and capital accumulation. *The Economic Record*. (November), pág. 334-361.
- Timmer, M; Ypma, G. y Van Ark, B. (2003). *IT in the European Union: Driving Productivity Divergence?* [en línea]. GGDC Research Memorandum GD-67, Groningen, University of Groningen, October. March. Consultado enero 16 de 2010. <<http://www.ggdc.net/workpap.html>>.

- Torrent, J. (2002). De la nueva economía a la economía del conocimiento. Hacia la tercera revolución industrial. *Revista de Economía Mundial*, 7, 39-68.
- Torrent, J. (2004). *Innovació tecnològica, creixement econòmic i economia del coneixement*. Barcelona: Consell de Treball Econòmic i Social de Catalunya (CTESC), Generalitat de Catalunya.
- Torrent, J. (2009). Conocimiento, redes y actividad económica: un análisis de los efectos de red en la economía del conocimiento. *Revista de la sociedad del conocimiento*. UOC papers, 8.
- Torrent, J. y Ficapal, P. (2010). TIC, co-innovación y productividad empresarial: evidencia empírica para Cataluña y comparación internacional. *Revista de Economía Mundial*, 6.
- Wooldridge, J. (2008). *Introductory econometrics: a modern approach*. Mason, OH: South-Western College Pub.
- Van Reenen, J.; Draca, M. y Sadun, R. (2007). *Productivity and ICTs: a review of the evidence*. En: Mansell, R.; Avergerou, C.; Quah, D. y Silverstone, R. (eds). *The Oxford handbook of information and communication technologies*. Oxford: University Press, 100-147.
- Vilaseca, J. y Torrent, J. (2006). TIC, conocimiento y crecimiento económico. Un análisis empírico, agregado e internacional sobre las fuentes de la productividad. *Economía Industrial*, 360, 41-60.

|

Abstract

Along with the traditional factors of production such as capital, land and labor; new factors of productivity have emerged. Factors such as IT, the human capital, institutional-organizational practices and innovation have shown to follow the direction of Solow's theory. Furthermore, these same factors that have contributed to productivity, also have been stated as generators of innovation processes in microeconomic and macroeconomic activities.

The purpose of this study was to verify how the co-innovative sources of IT, knowledge, institutions and innovation were explaining the productivity levels in Latin America. For this purpose in a macroeconomic context, the study used concepts from microeconomic models that have been verified in enterprise environments since the 2000's.

The results of the study on OECD countries showed a strong co-innovation with significant and positive coefficients growing over time; which showed positive contribution and impact on the findings about their levels of productivity. Meanwhile, during the three periods analyzed Latin America showed similar results on its coefficients, but with a weak co-innovation. Likewise, the study provided knowledge about new sources of productivity in Latin America, but they have less intensity than the OECD.

The study concludes that Latin America showed lower levels of productivity and is currently transitioning towards the knowledge economy.

Key Words

Productivity, co-innovation. ICT, human capital, organizational practices, Institutions, Latin America, OECD

Resum

En combinació amb els factors de producció tradicionals, com el capital, la terra i la ma d'obra, durant els darrers anys han aparegut nous factors de productivitat. Factors com les TIC, el capital humà, les practiques institucionals-organitzatives i la Innovació s'han mostrat en la direcció de la teoria de Solow. Més enllà de la productivitat, aquests factors de producció s'han assenyalat como a generadors de processos d'innovació, tant a les activitats micro com macroeconòmiques.

El propòsit del treball ha estat verificar com les fonts co-innovadores de les TIC, el coneixement, les institucions i la innovació expliquen els nivells de productivitat de l'Amèrica Llatina. Amb aquest objectiu d'anàlisi, s'han utilitzat en contextos macroeconòmics, conceptes de models microeconòmics verificats a l'àmbit empresarial des de la dècada dels anys dos mil.

Els resultats obtinguts mostren la presència d'una co-innovació forta, amb coeficients positius, significatius i creixents en el temps, per als països de l'OCDE. Així, s'observa una contribució, en forma d'impacte positiu, de la co-innovació en l'explicació dels nivells de productivitat als països de l'OCDE. Per l'Amèrica Llatina s'obtenen resultats similars, però amb una co-innovació dèbil, en els tres períodes analitzats. En aquest mateix sentit, es demostra l'existència de noves fonts de productivitat, però amb una intensitat inferior que als països de l'OCDE.

L'estudi conclou que Amèrica Llatina presenta baixos nivells de productivitat y que encara està en procés de transició cap a l'economia del coneixement.

Paraules clau

Productivitat, co-innovació, TIC, capital humà, canvi organitzatiu, institucions, Amèrica Llatina, OCDE

Darío Quiroga-Parra

dquiroga@uoc.edu; dario.quirogap@campusucc.edu.co
Facultad de Ciencias Administrativas Económicas y contables
Universidad Cooperativa de Colombia-Cali (Colombia)

Dr. Darío Quiroga-Parra (<http://i2tic.net/es/equipo/dario-quiroga-parra/>) es ingeniero Industrial de la Universidad Industrial de Santander-UIS, Magister en Administración de Empresas de la Universidad del Valle Colombia, MsC en Sociedad de la información y el Conocimiento por la Universitat Oberta de Catalunya (UOC), y Ph.D en Sociedad de la Información y el Conocimiento por la Universitat Oberta de Catalunya. Actualmente es profesor investigador de la Universidad Cooperativa de Colombia (UCC) en Cali Colombia y director del grupo de investigación Ciencias Administrativas, Contables y Económicas de la UCC. El Dr. Quiroga-Parra es especialista en el análisis de TIC, Capital Humano, prácticas organizativas-Instituciones, innovación, productividad y crecimiento económico. Él ha publicado tres libros y varios artículos en revistas indexadas.

Joan Torrent-Sellens

jtorrent@uoc.edu
Estudios de Economía y Empresa, e Instituto Interdisciplinario de Internet (IN3)
Universitat Oberta de Catalunya (UOC), España

Dr. Joan Torrent-Sellens (<http://i2tic.net/en/people/joan-torrent-sellens/>) es BSc in Economía y MsC en Economía Aplicada por la Universidad Autónoma de Barcelona, y PhD en Sociedad de la Información y el Conocimiento por la Universitat Oberta de Catalunya. Actualmente es director de Business School de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) y director del grupo interdisciplinario i2TIC del (<http://i2TIC.net>). El grupo de investigación i2TIC es adjunto al Instituto Interdisciplinario de Internet (<http://in3.uoc.edu>). El Dr. Torrent-Sellens es especialista en el análisis TIC, productividad y crecimiento; economía del conocimiento, trabajo-conocimiento, y la empresa red, temas sobre los que ha publicado 10 libros y 26 artículos en revistas indexadas.

