

# Investigación & desarrollo e innovación como factores de desarrollo

## Research & development and innovation as factors of development

Guillermo Díaz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de ciencias económicas y empresariales, Universidad Rafael Landívar, Guatemala

<sup>1</sup>godiaz@url.edu.gt

**Resumen**– El objetivo de este artículo es medir la incidencia de la investigación y desarrollo e innovación en el desarrollo de los países, a través de la estimación de modelos econométricos de corte transversal, en los que la variable dependiente está representada por índices de desarrollo y las variables explicativas son gastos de investigación y desarrollo e índice de innovación. Los resultados evidencian que la innovación incide sobre el desarrollo de los países. El mayor aporte es sobre el desarrollo económico, seguido por la contribución al desarrollo social.

**Palabras claves**– desarrollo, desarrollo humano, innovación, progreso social.

**Abstract**– The purpose of this article is to measure the impact of Research & Development and Innovation, in the developing of countries, through econometric models of cross section, where the dependent variable is represented by the development index and the explanatory variables are Research & Development costs and the rate of Innovation. The results show that Innovation affects the development of countries. The biggest contribution is on economic development, followed by the social development.

**Keywords**– development, human development, innovation, social progress.

**Tipo de Artículo:** Original

**Fecha de Recepción:** 16 de enero de 2017

**Fecha de Aceptación:** 12 de abril de 2017

### 1. Introducción

La innovación está vinculada con el desarrollo desde inicios de la humanidad. Barnes [1] indica que la innovación más importante en los orígenes de la humanidad fue el descubrimiento de un método para producir fuego, lo que le permitió al ser humano fundir los metales y a partir de ahí comenzar el desarrollo de la civilización humana. Siglos más tarde, la Revolución Industrial, con la innovación de la máquina de vapor, fue otro momento relevante en el desarrollo de la humanidad. En sí, fue el momento a partir del cual cientos de millones de personas salieron de la pobreza material, de acuerdo con Deaton [2]. Piketty [3] afirma que a partir de esa época el crecimiento económico fue constante y se produjo más de lo producido por la humanidad hasta 1800.

La innovación es clave en las modernas teorías de crecimiento y desarrollo económico. La innovación es fundamental para la competitividad, según Szirmai, Naudé & Goedhuys [4]. En la teoría económica sobre desarrollo, Schumpeter [5] es el primer autor que

incorpora el tema de la innovación. En su clásica obra titulada “Teoría del desenvolvimiento económico” sostiene que el avance de la sociedad se produce a causa de las innovaciones en el proceso productivo realizadas por el emprendedor. Schumpeter utiliza dicho término para diferenciarlo de lo que denomina gerente de empresa, que solo administra la empresa pero no innova, como lo hace el emprendedor o empresario. El autor concibe la innovación como cambios en el proceso productivo, que se manifiestan a través de nuevos productos o modificación de existentes, nuevos métodos de producción o comercialización y nuevos mercados, entre otros.

Un segundo autor que estudia la relación entre desarrollo, a través del crecimiento económico, es Solow. Sala-i-Martin [6] explica que el modelo de Solow sostiene que el aumento del ingreso por habitante en el largo plazo, medida de desarrollo, depende del progreso tecnológico. Ray [7] sostiene que el progreso tecnológico puede darse a través de innovación de procesos o de transferencia de la empresa innovadora

hacia las demás. La relevancia del progreso tecnológico para el crecimiento y desarrollo económico es que dicho proceso puede generarse de manera deliberada, por medio de investigación y desarrollo. Esta es la base de la innovación.

Existen múltiples estudios sobre el modelo de Solow, que utilizan diversas variables como aproximación del progreso tecnológico. Ray [7] cita la investigación de Mankiw, Romer y Weil que ajustaron el modelo de Solow con base en capital humano, encontrando que el capital humano incide en el crecimiento económico, aumentando el mismo. En América Latina, Contreras y Blanco [8] investigaron el vínculo innovación y crecimiento económico para Venezuela. Su estudio determina una relación positiva y significativa entre ambas variables. El modelo de Solow aplicado al caso de Guatemala por Solórzano e Ibañez [9], indica que el país tiene baja productividad a causa, entre otros factores, de débil inversión en innovaciones tecnológicas.

Nelson y Pack [10] afirman que el alto crecimiento económico de países del sudeste asiático, como Taiwán, es producto de emprendimientos e innovación. Los países con mayor crecimiento económico durante la segunda mitad del siglo XX fueron aquellos que cambiaron sus exportaciones de productos de baja a alta tecnología, es decir, innovaron, según Chandra, Eröcal, Padoan y Primo [11]. Lederman y Sáenz [12] indican que los resultados econométricos de un estudio a nivel mundial también establecen que la innovación tiene un efecto positivo en el desarrollo a largo plazo.

Este artículo tiene como propósito aportar datos sobre la contribución de la innovación al desarrollo. La relación positiva entre innovación y desarrollo económico ya ha sido establecida en diversas investigaciones, algunas mencionadas en este artículo.

La investigación que se presenta explora más allá del desarrollo económico y busca evidenciar la incidencia positiva de la innovación en otras formas de desarrollo, en especial humano y social. Para el efecto, se estiman tres modelos econométricos de corte transversal que cuantifican el aporte de la innovación al desarrollo económico, desarrollo humano y desarrollo social. Se consideran tres formas de desarrollo conforme a la evolución que la teoría económica experimentó sobre el tema los últimos cincuenta años.

## 2. Metodología

A nivel internacional, se utilizan los enfoques de desarrollo económico y de desarrollo humano para medir el desarrollo de un país. Quan [13] indica que el primero se basa solo en el monto de ingreso, el segundo también utiliza dicha variable y agrega educación y esperanza de vida, esta última como variable de las condiciones de salud. En fecha más reciente se ha agregado el enfoque de progreso social, elaborado por Porter y Stern [14], entre otros, con el objetivo de medir mejor el desarrollo humano y social.

De acuerdo con el enfoque de desarrollo económico, basado en el ingreso promedio por habitante, el Banco Mundial [15] clasifica a los países de la siguiente manera, según montos vigentes a 2008:

- Ingresos bajos: igual o menor de US\$ 975 al año por persona.
- Ingresos medianos bajos: de US\$ 976 a US\$ 3,855 al año por persona.
- Ingresos medianos altos: de US\$ 3,856 a US\$ 11,905 al año por persona.
- Ingresos altos: de US\$ 11,906 en adelante.

Con base en esta clasificación, por lo general, se cataloga a los países de ingresos altos como desarrollados y a los demás como países no desarrollados o en vías de desarrollo. Según las estadísticas del Banco Mundial a 2014, Qatar, con US\$ 134,420.0 era el país con mayor ingreso por habitante, seguido por Macao, con US\$ 120,140.0 y Singapur y Kuwait, con alrededor de US\$ 80,000.0 cada uno.

El enfoque de desarrollo humano intenta superar la visión económica del desarrollo. Para el efecto se basa en un índice que considera el nivel de ingreso, la educación y la esperanza de vida. El nivel de ingreso permite conocer si la persona posee recursos para tener un nivel de vida adecuado. La educación permite saber si la persona tiene acceso a los conocimientos, en este caso se utilizan las tasas de alfabetización de adultos y de matrícula. La esperanza de vida es un indicador de las condiciones de salud en que vive la persona, si son buenas vive más. El desarrollo humano se basa en la ampliación de oportunidades. La falta de dinero, educación o salud limitan las oportunidades de las personas para vivir una vida adecuada. El índice de desarrollo humano tiene una escala de cero a uno.

En el Informe sobre Desarrollo Humano de PNUD [16], los países se clasifican según el siguiente criterio:

- Desarrollo humano muy elevado: índice entre 0.80 y 1.0.
- Desarrollo humano elevado: índice entre 0.70 y 0.80.
- Desarrollo humano medio: índice entre 0.55 y 0.70.
- Desarrollo humano bajo: índice menor de 0.55.

De una lista de 187 países, 49 tienen un índice de desarrollo humano muy elevado, siendo encabezados en 2014 por Noruega, Australia y Suiza. De América Latina, solo Chile y Argentina están en dicho grupo. Cincuenta y tres países tienen desarrollo humano elevado, en este grupo se ubica Costa Rica. Los países con desarrollo humano medio son 43, incluyendo a Guatemala. El resto de países tiene desarrollo humano bajo.

El enfoque de progreso social pretende superar la visión económica del desarrollo. El progreso social se define como la capacidad de una sociedad para satisfacer necesidades básicas de sus ciudadanos y crear bases que le permitan sostener y mejorar su calidad de vida. El índice de progreso social se integra con base en indicadores de necesidades básicas, como nutrición, de bienestar, como salud, y de oportunidades, como libertad personal y de elección. De un total de 132 evaluados en 2014, según el informe elaborado por Porter y Stern [14], los mayores índices corresponden a Noruega, Suecia, Suiza, Islandia y Nueva Zelanda.

Existen varios índices para medir la innovación a nivel internacional, tales como el Índice Mundial de Innovación, publicado por la Organización de Propiedad Intelectual y el publicado por el Foro Económico Mundial, como parte del informe de Competitividad Global. En el mismo se mide la capacidad de innovación de los países.

En párrafos anteriores se mencionaron diversos estudios empíricos que establecen la relación positiva entre innovación e ingreso por habitante, como indicador del desarrollo económico, tal el caso del estudio de Lederman y Sáenz [11].

En este estudio también se opta por seguir el enfoque de explicar el desarrollo económico mediante los gastos de investigación y desarrollo y la innovación, para lo cual se plantea el siguiente modelo logarítmico de corte transversal:

$$\ln \text{pibph} = c + \beta_1 \ln \text{id} + \beta_2 \ln \text{innovacion} \quad (1)$$

Donde:

$\ln \text{pibph}$  = logaritmo natural del pib por habitante

$\ln \text{id}$  = logaritmo natural del gasto en investigación y desarrollo/PIB

$\ln \text{innovación}$  = logaritmo natural del índice de innovación

Los datos utilizados en la estimación del modelo de corte transversal se obtuvieron en lo que respecta al PIB por habitante de la base de datos del Banco Mundial (Banco Mundial, 2016). Los datos de investigación y desarrollo, así como los de innovación, se obtuvieron del Reporte Global de Competitividad del World Economic Forum [17]. La muestra se integra por 79 países, porque no todos los países del informe tienen datos de las variables del modelo.

También se calcula el siguiente modelo de corte transversal para explicar el desarrollo humano:

$$\ln \text{idh} = c + \beta_1 \ln \text{id} + \beta_2 \ln \text{innovacion} \quad (2)$$

Donde:

$\ln \text{idh}$  = logaritmo natural del índice de desarrollo humano

$\ln \text{id}$  = logaritmo natural del gasto en investigación y desarrollo/PIB

$\ln \text{innovación}$  = logaritmo natural del índice de innovación

Los datos del índice de desarrollo humano se obtuvieron del Informe sobre Desarrollo Humano de 2015. Los datos de investigación y desarrollo e innovación se obtuvieron del reporte de competitividad ya indicado y la muestra también fue de 79 países.

Por último se decide estimar el mismo modelo de corte transversal para explicar el desarrollo social:

$$\ln \text{ips} = c + \beta_1 \ln \text{id} + \beta_2 \ln \text{innovacion} \quad (3)$$

Donde:

$\ln \text{ips}$  = logaritmo natural del índice de progreso social

$\ln \text{id}$  = logaritmo natural del gasto en investigación y desarrollo/PIB

$\ln \text{innovación}$  = logaritmo natural del índice de innovación

Para este modelo, los datos de progreso social se obtuvieron del Índice de Progreso Social de 2014. Los datos de investigación y desarrollo e innovación son de la fuente ya citada. En este caso la muestra fue de 69 países, porque algunos países de la muestra original no aparecen en el reporte sobre progreso social.

En los tres modelos, se espera el siguiente resultado:

$$\beta_1; \beta_2 \geq 0 \quad (4)$$

Es decir, investigación y desarrollo e innovación inciden en forma positiva en el desarrollo.

### 3. Resultados

Los resultados del modelo para el desarrollo económico, que se muestran en la tabla 1, estimado utilizando el *software* Gretl, revelan que, en efecto, existe una relación positiva entre desarrollo económico y gasto en inversión y desarrollo como porcentaje del PIB e innovación. Dicha relación es estadísticamente significativa al nivel de 5%. Ambas variables contribuyen a explicar en 67% del PIB por habitante. Las pruebas de heteroscedasticidad y multicolinealidad, realizadas con el *software* Gretl, permiten descartar su existencia en el modelo estimado\*.

Cada punto porcentual de gastos de investigación y desarrollo respecto al PIB aumentan el PIB por habitante en 0.40%. Cada aumento de 1% en el índice de innovación, incrementa 2.45% el PIB por habitante.

**Tabla 1.** Modelo econométrico del desarrollo económico

Variable	Coficiente	Estadístico t
Constante	6.26445	7.61*
ln I&D	0.40453	4.37*
ln Innovación	2.44655	5.58*
R-cuadrado corregido	0.675	

\*Significativo al nivel de 5%

Fuente: Elaboración propia

Las variables investigación y desarrollo e innovación también son útiles para explicar el valor del índice de desarrollo humano de los países, como lo ilustra la tabla 2, aunque en menor porcentaje, de 55%. Al igual que en el modelo anterior, no se detectó problemas de heteroscedasticidad y multicolinealidad. Ambas variables tienen menor incidencia en el índice de desarrollo humano que en el PIB por habitante, en especial la del índice de innovación cuyo aumento en 1% incrementa en 0.06% el índice de desarrollo humano.

**Tabla 2.** Modelo econométrico del desarrollo humano

Variable	Coficiente	Estadístico t
Constante	4.1446	38.98*
ln I&D	0.1741	2.47*

ln Innovación	0.0639	4.99*
R-cuadrado corregido	0.551	

\*Significativo al nivel de 5%

Fuente: Elaboración propia

Como lo muestra la tabla 3, el gasto en innovación y desarrollo inciden en un aumento de 0.05% en el índice de desarrollo humano por cada 1% del PIB que dedican los países en dicho gasto. En su caso, una mejora de 1% en el índice de innovación incide en 0.28% en el índice de progreso social, porcentaje menor que lo incidido en el PIB por habitante, pero mayor que el del índice de desarrollo humano.

**Tabla 3.** Modelo econométrico del desarrollo social

Variable	Coficiente	Estadístico t
Constante	3.8931	35.20*
ln I&D	0.0545	3.70*
ln Innovación	0.2812	2.16*
R-cuadrado corregido	0.855	

\*Significativo al nivel de 5%

Fuente: Elaboración propia

De nuevo las variables resultan ser válidas, desde el punto de vista estadístico, para explicar el nivel de desarrollo social alcanzado por los países, medido a través del índice de progreso social. La bondad de ajuste es menor a la de los otros dos modelos. Al igual que en el modelo del desarrollo humano, la variable innovación tiene mayor incidencia que la variable gastos de investigación y desarrollo, de 0.28% contra 0.06%, respectivamente. Este tercer modelo tampoco evidenció problemas de heteroscedasticidad y multicolinealidad, según las pruebas realizadas con el *software* Gretl.

Los resultados obtenidos en este artículo concuerdan, en la relación positiva entre innovación y PIB por habitante, con los de investigaciones realizadas para países miembros y no miembros de la OCDE, como el de Ulku [18] y el de Freimane y Balina [19] para la Unión Europea, así como realizados a nivel mundial, entre ellos el elaborado por Fagerberg, Srholec & Verspagen [20].

Entre la bibliografía consultada no se encontró una publicación que estudie la relación entre innovación y desarrollo humano o progreso social. En tal sentido este artículo aporta a dicha línea de investigación. Se decidió

calcular dichos modelos con el propósito de realizar una investigación exploratorio sobre la incidencia de la innovación y gastos de investigación y desarrollo sobre el desarrollo humano y el progreso social.

#### 4. Conclusiones

Los resultados de los modelos estimados revelan que existe relación positiva y de causalidad de la innovación sobre el desarrollo de los países, como ya revelaban investigaciones anteriores enfocadas en el desarrollo económico.

La innovación contribuye a aumentar el desarrollo económico, humano y social de la población. Los resultados obtenidos indican que su mayor aporte es sobre el desarrollo económico, con un aumento alrededor de 2% en el PIB por habitante por cada 1% que aumenta el índice de innovación. El segundo mayor efecto es sobre el desarrollo social.

Desde la perspectiva de política pública debe de fomentarse la innovación.

#### 5. Referencias

- [1] H. Barnes, *Historia de la economía del mundo occidental: Hasta principios de la segunda guerra mundial*. México, D. F.: Uthea, 1987.
- [2] A. Deaton, *El gran escape. Salud, riqueza y los orígenes de la desigualdad*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 2015.
- [3] T. Piketty, *El capital en el siglo XXI*. México: Fondo de Cultura Económica, 2014.
- [4] A. Szirmai, W. Naudé, & M. Goedhuys, *Entrepreneurship, innovation and economic development*. New York: Oxford, 2011.
- [5] J. Schumpeter, *Teoría del desenvolvimiento económico: Una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1963.
- [6] X. Sala-i-Martin, *Apuntes de crecimiento económico*. Madrid: Antoni Bosch, 2000.
- [7] D. Ray, *Economía del desarrollo*. Madrid : Antoni Bosch, 2003.
- [8] J. Contreras, & J. Blanco, "Innovación y crecimiento económico". *Economía y finanzas*, pp. 1-36, 2008.
- [9] H. Solorzano, & J. Ibañez, "Productividad e innovación tecnológica. Una perspectiva macroeconómica". *Revista Académica Eco*, pp. 16-30, 2016.
- [10] R. Nelson, & H. Pack, *The Asian miracle and the modern growth theory*. Washington: Banco Mundial, 1998.
- [11] V. Chandra, D., Eröcal, P., Padoan, & C., Primo, *Innovación y crecimiento. En busca de una frontera en movimiento*. México, D. F.: OCDE, 2009.
- [12] D. Lederman, & L. Saenz, *Innovation and development around the world, 1960-2000*. Washington: Banco Mundial, 2005.
- [13] G. Quan, *Desarrollo humano: Una introducción conceptual*. Guatemala: PNUD, 2007.
- [14] M. Porter, & S. Stern. (2005). Progreso social. Online. Disponible: [http://progresosocial.org/descargas/resumen\\_ejecutivo\\_final.pdf](http://progresosocial.org/descargas/resumen_ejecutivo_final.pdf).
- [15] Banco Mundial. (2016). Data base. Online. Disponible: <http://datos.bancomundial.org/>.
- [16] PNUD, *Informe sobre desarrollo humano 2015. Trabajo al servicio del desarrollo humano*. Washington: PNUD, 2015.
- [17] World Economic Forum, *The global competitiveness report*. (K. Schwab, Ed.) Geneve: Autor, 2015.
- [18] H. Ulku, *R&D, innovation, and economic growth: An empirical analysis*. Washington: FMI, 2004.
- [19] R. Freimane, & S. Balina. "Research and development expenditures and economic growth in the EU: A panel data analysis". *Economics and Business*, pp. 5-11, 2016.
- [20] J. Fagerberg, M. Srholec, & B. Verspagen, *Innovation and economic development*. Maastricht: United Nations University, 2009.



## 6. Anexo

Índices de desarrollo de países seleccionados

País por continente	PIB por habitante	Índice de desarrollo humano	Índice de progreso social	Índice de innovación	Índice de I&D
<b>Europa</b>					
Alemania	47,821	91.6	84.0	5.6	2.88
Armenia	3,873	73.3	65.7	3.5	0.25
Austria	51,190	88.5	84.5	5.0	2.81
Azerbaiyán	7,884	75.1	62.6	4.1	0.22
Belgica	47,353	89.0	82.8	5.2	2.24
Bulgaria	7,851	78.2	70.2	4.1	0.62
Chipre	27,194	85.0	77.5	3.8	0.43
Croacia	13,475	81.8	73.3	3.1	0.75
Dinamarca	60,707	92.3	86.6	5.4	3.02
Eslovenia	23,999	88.0	81.6	3.7	2.58
España	29,767	87.6	81.2	3.8	1.27
Finlandia	49,824	88.3	86.7	5.6	3.31
Francia	42,733	88.8	80.8	4.8	2.23
Georgia	3,670	75.4	65.9	3.3	0.13
Grecia	21,498	86.5	74.0	3.3	0.69
Holanda	51,860	92.2	86.5	5.2	1.89
Hungria	14,029	82.8	74.8	3	1.27
Irlanda	54,374	91.6	84.7	5	1.58
Islandia	52,004	89.9	87.6	4	2.49
Italia	34,908	87.3	77.4	4.3	1.27
Kazajstan	12,602	78.8	61.4	3.7	0.17
Luxemburgo	116,664	89.2		5.3	1.16
Malta	22,776	83.9		4	0.72
Moldova	2,238	69.3	63.7	3	0.4
Montenegro	7,378	80.2	69.0	0.6	0.41
Noruega	97,307	94.4	88.4	5	1.63
Polonia	14,343	84.3	78.0	3.8	0.75
Portugal	22,132	83.0	81.9	4.3	1.46
República Checa	19,529	87.0	80.6	4.6	1.56
Rumania	9,997	79.3	68.4	3.7	0.5
Rusia	12,736	79.8	63.6	3.8	1.13
Serbia	6,153	77.1	69.8	3	0.72
Suecia	58,938	90.7	88.1	5.5	3.22
Suiza	85,594	93.0	88.0	5.9	2.96
Tayikistan	1,114	62.4	56.5	3.8	0.12
Turquía	10,515	76.1	66.2	3.7	0.86
<b>Norteamérica</b>					
Canada	50,235	91.3	86.9	4.6	1.71
Estados Unidos de América	54,629	91.5	82.9	5.9	2.80
México	10,325	75.6	67.5	3.7	0.42
<b>América Latina</b>					
Argentina	12,509	83.6	73.1	3.7	0.58
Bolivia	3,124	65.5	63.4	3.5	0.27
Brasil	11,384	75.5	70.9	3.3	1.15
Chile	14,528	83.2	78.3	3.7	0.36
Colombia	7,903	72.0	68.9	3.5	0.22
Costa Rica	10,415	76.6	77.9	4.3	0.47
El Salvador	4,120	66.6	64.3	4.4	0.03
Guatemala	3,673	62.7	62.2	4.2	0.04
Panamá	11,949	78.0	71.8	4.2	0.18
Paraguay	4,712	67.9	67.1	3.1	0.06
Trinidad	21,324	77.2		3.3	0.04
Uruguay	16,807	79.3	79.2	3.5	0.42

País por continente	PIB por habitante	Índice de desarrollo humano	Índice de progreso social	Índice de innovación	Índice de I&D
<b>Asia y Oriente Medio</b>					
China	7,590	72.7	59.1	4.2	1.93
Corea	27,970	89.8	77.7	4.7	4.03
Madagascar	449	51.0	44.5	3	0.11
Malasia	11,307	77.9	69.6	5.2	1.13
Hong Kong	40,169	91.0		4.5	0.73
India	1,581	60.9	53.1	4	0.82
Indonesia	3,492	68.4	60.5	4.8	0.08
Israel	37,208	89.4	72.6	5.8	4.25
Emiratos Arabes	43,962	83.5	72.8	4.7	0.49
Japón	36,195	89.1	83.2	5.4	3.38
Kuwait	43,594	81.6	69.2	3	0.1
Lesotho	1,034	49.7	52.3	3.1	0.01
Mongolia	4,129	72.7	61.5	3.3	0.23
Pakistán	1,317	53.8	45.7	4	0.33
Singapur	56,284	91.2		5	2.15
Tailandia	5,977	72.6	66.3	3.7	0.39
Vietnam	2,052	66.6		3.5	0.19
<b>África</b>					
Bahrein	24,885	82.4		3.8	0.04
Botswana	7,123	69.8	65.2	3.3	0.25
Burundi	286	40.0		2.8	0.12
Cabo Verde	3,641	64.6		3.5	0.07
Egipto	3,199	69.0	59.9	2.9	0.54
Etiopia	574	44.2	41.0	2.9	0.61
Cambia	484	44.1		3.7	0.13
<b>Oceanía</b>					
Mauricio	10,016	77.7	73.7	4	0.18
Nueva Zelanda	44,342	91.3	87.1	5.1	1.25
Omán	19,309	79.3		3.4	0.14
Sudáfrica	6,483	66.6	65.6	4.3	0.73

Fuente: Banco Mundial, 2016; World Economic Forum, 2015; Porter & Stern, 2014