

# RELACIÓN ENTRE CAPITAL HUMANO E INNOVACIÓN EN EL SECTOR INDUSTRIAL

Mercedes Gaitán <sup>1</sup>y Carolina Henao

Fundación Universitaria Konrad Lorenz, Bogotá (Colombia)

## ABSTRACT.

Within the framework of objective 9 of sustainable development, it was postulated that innovation is one of the fundamental engines of economic growth, in this context, the present study econometrically determined, the incidence of human capital on the total number of innovations in methods, goods or services, for 101 Colombian companies in 2018. Taking the data from the Industrial Technological Innovation and Development Survey, carried out by DANE; A simultaneous quantile regression model was estimated, making a total of 20 repetitions, which allowed standard errors to be obtained by randomly resampling the data. And after adding control variables, it was found that the hiring of personnel with doctorates, masters, specialization and technologists to carry out ACTI 2018; The resources of other companies and the own resources invested in scientific, technological and innovation activities are significant variables in all quantiles and present a positive relationship with the total number of innovations in methods, goods or services. While the number of undergraduates hired by the organization, who participated in carrying out ACTI, were significant in the 25th and 50th quantile and increased innovation in organizations. Finally, the number of cases in which high complexity was used in the design is a significant variable in the 25th and 75th quantiles and presents a positive relationship with the dependent variable.

**KEYWORDS:** Innovation, human capital, industry, quantile regression.

**MSC:** 90B90

## RESUMEN

En el marco de los objetivos de desarrollo sostenible, se postuló la innovación como uno de los motores fundamentales del crecimiento económico, por lo cual el presente estudio determinó económicamente, la incidencia del capital humano en el número total de innovaciones, para 101 empresas colombianas en 2018. Tomando los datos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica industrial, realizadas por el DANE; se estimó un modelo de regresión cuantílica simultánea, realizando un total de 20 repeticiones, lo que permitió obtener errores estándar mediante remuestreo aleatorio de los datos, y luego de agregar variables control, se encontró que la contratación de personal con doctorado, maestría, especialización y tecnólogos para la realización de ACTI 2018; los recursos de otras empresas y los recursos propios invertidos en actividades científicas, tecnológicas y de innovación son, variables significativas en todos los cuantiles y presentan una relación positiva con el número total de innovaciones en métodos, bienes o servicios.

**PALABRAS CLAVES:** Innovación, capital humano, industria, regresión cuantílica.

## 1. INTRODUCCIÓN

La innovación ha sido considerada como un elemento central para el crecimiento económico, social, y organizativo en diferentes ámbitos de las organizaciones. Por lo tanto, su comprensión es un desafío para académicos y profesionales ya que buscan entender como innovan las organizaciones (Montalvo, 2006): Por otra parte, el capital humano, es considerado el conjunto de habilidades, conocimientos, capacidades y atributos con los que cuentan las personas que pueden traducirse en productividad (Fulmer y Ployhart, 2014), (Teixeira y Tavares-Lehmann, 2014; Lenihan, McGuirk, y Murphy, 2019):

En este contexto, de los objetivos de Desarrollo Sostenible se postuló que la Industria, la innovación y la infraestructura son fundamentales para impulsar el crecimiento y desarrollo a nivel económico. Por lo anterior, el presente estudio buscó responder la siguiente pregunta: ¿Cómo incide el capital humano en el número total de innovaciones en métodos, bienes o servicios a nivel empresa en Colombia en 2018?.

---

<sup>1</sup> mercedes.gaitana@konradlorenz.edu.co, lindac.orhenao@konradlorenz.edu.co

Para tal propósito se estimó un modelo de regresión cuantílica simultánea, realizando un total de 100 repeticiones, incluyendo variables control, que permitió determinar la influencia del capital humano en la innovación que realizaron las empresas colombianas.

## 2. INNOVACIÓN Y CAPITAL HUMANO

A nivel económico, el capital humano ha sido reconocido como un determinante significativo de la innovación (Gennaioli, 2013): En la literatura respecto al valor de la innovación se resalta que un capital humano altamente calificado es elemento importante para los procesos de innovación en una empresa (Subramaniam y Youndt, 2005; Klingebiel y Rammer, 2014; McGuirk, Lenihan y Hart, 2015): Una investigación realizada por Sun, Li y Ghosal (2020) examinó varios de los determinantes de la producción de innovación en las empresas de manufactura medianas y pequeñas de China, centrándose en la contribución del capital humano medido por los niveles de habilidad gerencial y laboral de las empresas y en su producción de innovación relacionada a los efectos heterogéneos en el mercado. Lenihan, McGuirk, y Murphy (2019), Teixeira y Tavares-Lehmann, 2014): S Se identificó el recorrido que ha tenido la temática año por año y las publicaciones asociadas a los mismos. En la figura 1. Se observa que fue a partir del año 2001 que el tema cobró mayor importancia. Para el año 2019 se registran 291 publicaciones, posicionando capital humano y la innovación como conceptos en constante crecimiento y evolución.

Figura 1. Número de publicaciones por año a nivel mundial



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, son varios los países que han fijado su mirada en cuanto a la relación que existe entre capital humano e innovación. En la figura 2 se visualizan los países en los cuales existen publicaciones sobre el tema. La cantidad de publicaciones por país varía según la intensidad del color azul. Para este caso, es Estados Unidos el país que más publicaciones tiene frente al tema.

Figura 2. Publicaciones de capital humano e innovación por países



Fuente: elaboración propia

Gracias a la búsqueda realizada y con ayuda de la herramienta de visualización de redes bibliométricas Vosviewer se pudo representar la red de autores más citados e importantes, frente al tema y la red de palabras clave de los artículos publicados. En la figura 3 se evidencian los autores más relevantes y las redes de colaboración entre ellos, se pueden observar 28 clúster de autores,

### 3. METODOLOGÍA

Se tomaron los microdatos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industrial (2017 – 2018), realizadas para Colombia por el DANE, que son datos de acceso abierto. Y se eligió una muestra de 101 empresas que tenían registros de propiedad intelectual vigentes a diciembre de 2018 y que reportaron el porcentaje de los gerentes que recibieron un bono de desempeño en 2018 por el cumplimiento de las metas y el grado de importancia que tuvo la obtención de certificaciones de calidad de producto o proceso durante el período 2017 – 2018.

La variable dependiente fue la suma del número total de innovaciones entre 2017 – 2018, en los siguientes ítems: servicios o bienes en el mercado nacional, métodos de distribución, producción o en logística, métodos organizativos o técnicas de comercialización.

Las variables independientes tomadas fueron:

Tabla 1. Variables independientes

Notación	Variable
Laborals1	Personal con doctorado, maestría o especialización ocupado promedio que participó en la realización de ACTI 2018
IV1R4C4	Personal universitario ocupado promedio que participó en la realización de ACTI 2018
IV1R5C4	Personal tecnólogo ocupado promedio que participó en la realización de ACTI 2018
III1R2C2	Recursos de otras empresas invertido en actividades científicas, tecnológicas y de innovación en 2018
III1R3C2	Recursos públicos para la realización de ACTI ( monto invertido 2018)
II1R10C2	Valor invertido por la empresa en 2018, para la introducción de bienes o servicios nuevos o significativamente mejorados, y/o la implementación de procesos nuevos o significativamente mejorados, de métodos organizativos nuevos, o de técnicas de comercialización nuevas.
I3R2C2	Alta complejidad en el diseño. Número de casos en que utilizó el método en 2017 - 2018
VIII15R1C1	Porcentaje de los gerentes que recibieron un bono de desempeño en 2018 por el cumplimiento de las metas: 0%=1, 1-33%=2, 34-66%=3, 67-99%=4, 100%=5
VI9R5C1	Grado de importancia que tuvo la obtención de certificaciones de calidad de producto o proceso durante el período 2017 - 2018: Alta=1 Media=2 Nula=3

Fuente: elaboración propia datos tomados de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industrial (2017 – 2018)

Se estimó un modelo de regresión cuantílica simultánea, porque los datos utilizados no se distribuían normales, realizando un total de 100 repeticiones se que obtuvieron errores estándar mediante remuestreo aleatorio de los datos.

La formulación de la programación lineal de la regresión de cuantiles, define  $\tau$  como el cuantil que debe ser estimado; la mediana es  $t = 0,5$ . Para cada observación  $i$ , que  $\varepsilon_i$  sea el residuo

$$\varepsilon_i = y_i - x_i \hat{\beta}t$$

La función objetivo que debe minimizarse es

$$c_\tau(\varepsilon_i) = (t - 1 \{ \varepsilon_i < 0 \}) \varepsilon_i$$

Wooldridge (2010); la pendiente de  $c_\tau(\varepsilon_i)$  es  $t$  cuando  $\varepsilon_i > 0$  y es  $t - 1$  cuando  $\varepsilon_i < 0$ , pero no está definido para  $\varepsilon_i = 0$ .

Si se elige el  $\hat{\beta}t$  que minimizan  $c_\tau(\varepsilon_i)$  es equivalente a encontrar el  $\hat{\beta}t$ , que hacen que  $X\hat{\beta}t$  se ajuste mejor a los cuantiles de la distribución de  $y$  condicional en la  $X$ .

Este problema de minimización se resuelve con técnicas de programación, como sugiere Koenker (2005):

$$\text{Min } \{ \tau \mathbf{1}_n' \mathbf{u} + (1 - \tau) \mathbf{n}' \mathbf{v} \mid \mathbf{y} - \mathbf{X}\beta = \mathbf{u} - \mathbf{v} \}$$

$$\text{B} \tau \mathbf{u}, \mathbf{v}$$

Debido a la no normalidad de los datos, como se puede observar en la imagen 2, la regresión cuantílica ofrece la posibilidad de generar distintas rectas de regresión para distintos cuantiles de la variable dependiente, puesto que se incluyen todas las observaciones ponderadas, el hecho de usar una matriz bootstrap permitió no tomar en cuenta la condición de independencia (Oteroy Reyes, 2012):

Imagen 2. Test de normalidad

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Innovacion	101	4.841584	6.083967	0	25
laborals1	101	6.930693	12.16409	0	71
IV1R4C4	101	8.960396	9.978899	0	50
IV1R5C4	101	3.029703	4.031018	0	16
III1R2C2	101	4040.485	40606.37	0	408089
III1R3C2	101	22979.94	100385	0	584537
III1R10C2	101	9952185	1.85e+07	0	7.27e+07
I3R2C2	101	3.52e+07	5.55e+07	0	1.78e+08
VIII15R1C1	101	3.851485	1.388425	1	5
VI9R5C1	101	2.089109	.7085056	1	3

Fuente: elaboración propia en StataCorp. 2019

Como se puede observar (imagen 3) en los pseudoR de los diferentes modelos, estimados la mejor predicción se realiza para el cuantil del 75.

Imagen 3. Regresión cuantílica

Simultaneous quantile regression  
bootstrap(20) SEs

Number of obs = 101  
.25 Pseudo R2 = 0.5388  
.50 Pseudo R2 = 0.5560  
.75 Pseudo R2 = 0.6135

Innovacion	Coef.	Bootstrap Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
<b>q25</b>					
laborals1	.3128006	.0806786	3.88	0.000	.1525425 .4730587
IV1R4C4	-.2450437	.1003755	-2.44	0.017	-.4444272 -.0456601
IV1R5C4	.3484309	.2062132	1.69	0.095	-.0611862 .7580481
III1R2C2	8.44e-06	1.31e-06	6.44	0.000	5.84e-06 .000011
III1R3C2	2.88e-06	7.80e-06	0.37	0.713	-.0000126 .0000184
III1R10C2	1.85e-07	1.06e-08	17.47	0.000	1.64e-07 2.06e-07
I3R2C2	1.26e-08	5.76e-09	2.20	0.031	1.21e-09 2.41e-08
VIII15R1C1	.1128216	.1601762	0.70	0.483	-.2053486 .4309919
VI9R5C1	.3384649	.3164141	1.07	0.288	-.2900527 .9669826
_cons	-1.579503	.9037109	-1.75	0.084	-3.374614 .2156076
<b>q50</b>					
laborals1	.3291914	.0878795	3.75	0.000	.1546296 .5037532
IV1R4C4	-.276209	.1250852	-2.21	0.030	-.5246753 -.0277427
IV1R5C4	.60791	.1697483	3.58	0.001	.2707258 .9450942
III1R2C2	5.59e-06	1.74e-06	3.22	0.002	2.13e-06 9.04e-06
III1R3C2	1.76e-06	8.39e-06	0.21	0.834	-.0000149 .0000184
III1R10C2	1.77e-07	1.65e-08	10.74	0.000	1.44e-07 2.10e-07
I3R2C2	4.61e-09	1.03e-08	0.45	0.657	-1.59e-08 2.51e-08
VIII15R1C1	-.0934006	.3290942	-0.28	0.777	-.7471057 .5603046
VI9R5C1	.607592	.4452238	1.36	0.176	-.2767903 1.491974
_cons	-.8164518	.8353645	-0.98	0.331	-2.475801 .8428971
<b>q75</b>					
laborals1	.2780235	.1514574	1.84	0.070	-.0228281 .578875
IV1R4C4	-.1597049	.2232098	-0.72	0.476	-.6030838 .2836739
IV1R5C4	.4262072	.1050237	4.06	0.000	.2175904 .6348239
III1R2C2	4.54e-06	2.69e-06	1.69	0.094	-7.90e-07 9.88e-06
III1R3C2	-3.01e-06	8.65e-06	-0.35	0.729	-.0000202 .0000142
III1R10C2	1.35e-07	3.35e-08	4.02	0.000	6.81e-08 2.01e-07
I3R2C2	5.14e-08	2.77e-08	1.86	0.067	-3.60e-09 1.06e-07
VIII15R1C1	.6055262	.6839998	0.89	0.378	-.7531554 1.964208
VI9R5C1	.3995173	1.552446	0.26	0.797	-2.684227 3.483261
_cons	-1.329633	2.608603	-0.51	0.611	-6.511304 3.852037

Fuente: elaboración propia en StataCorp. 2019

La estimación evidenció que la contratación de personal con doctorado, maestría, especialización y tecnólogos que fueron contratados para la realización de ACTI 2018; los recursos de otras empresas y los recursos propios invertidos en actividades científicas, tecnológicas y de innovaciónson, son variables significativas entre el 1% y el 10% de nivel de significancia, en todos los cuantiles y presentan una relación positiva con el número total de innovaciones en métodos, bienes o servicios

En cuanto, al número de personas con pregrado contratados por la organización, que participaron en la realización de ACTI, resultaron significativas en el cuantil 25 y 50 y aumentan la innovación en las organizaciones.

El número de casos en que se usó la alta complejidad en el diseño, es una variable significativa en los cuantiles 25 y 75 y aumenta el número total de innovaciones en métodos, bienes o servicios. Por último, los recursos públicos para la realización de ACTI, el porcentaje de los gerentes que recibieron un bono de desempeño en 2018 por el cumplimiento de las metas y grado de importancia que tuvo la obtención de certificaciones de calidad de producto o proceso, no fueron variables significativas. Luego se procedió a probar si los efectos en el cuantil 25 y 75 eran iguales, para `laborals1` y `III1R2C2`, por ser variables significativas en todos los cuantiles.

Imagen 4. Test de efectos en los percentiles 25 y 75

```

1 . test[q25]laborals1 = [q75]laborals1
   ( 1)  [q25]laborals1 - [q75]laborals1 = 0
           F( 1, 93) = 0.00
           Prob > F = 0.9550
2 . test[q25]IV1R5C4 = [q75]IV1R5C4
   ( 1)  [q25]IV1R5C4 - [q75]IV1R5C4 = 0
           F( 1, 93) = 0.38
           Prob > F = 0.5380
3 . test[q25]III1R2C2 = [q75]III1R2C2
   ( 1)  [q25]III1R2C2 - [q75]III1R2C2 = 0
           F( 1, 93) = 18.07
           Prob > F = 0.0001
4 . test[q25]II1R10C2 = [q75]II1R10C2
   ( 1)  [q25]II1R10C2 - [q75]II1R10C2 = 0
           F( 1, 93) = 5.76
           Prob > F = 0.0184

```

Fuente: elaboración propia en StataCorp. 2019

Se concluyó que, para las variables `II1R2C2` se puede rechazar la hipótesis nula, por lo que `laborals1` fue necesario obtener un intervalo de confianza para la diferencia, mientras que, no hay evidencia estadística que los efectos sean diferentes en los cuantiles 25 y 75.

Los intervalos de confianza obtenidos fueron:

Imagen 5. Intervalos de confianza para los recursos de otras empresas y los recursos propios invertidos en actividades científicas, tecnológicas y de innovación

( 1) [q25]III1R2C2 - [q75]III1R2C2 = 0

Innovacion	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
(1)	7.41e-06	1.74e-06	4.25	0.000	3.95e-06 .0000109

( 1) [q25]II1R10C2 - [q75]II1R10C2 = 0

Innovacion	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
(1)	4.32e-08	1.80e-08	2.40	0.018	7.45e-09 7.90e-08

Fuente: elaboración propia en StataCorp. 2019

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que las empresas que tienen personal con doctorado, maestría, especialización y tecnológicos presentan relaciones positivas con el número total de innovaciones en métodos, bienes o servicios.

Es importante resaltar que las empresas que tienen personas con pregrado contratadas han impactado en el aumento de la innovación en las organizaciones donde laboran.

Esta investigación aporta evidencia de la incidencia positiva del capital humano en el número total de innovaciones en métodos o servicios en las empresas colombianas. Esto es relevante, como se ha señalado anteriormente, en relación con la gestión de las organizaciones que están vinculadas con procesos de innovación.

**RECEIVED: JANUARY, 2021.**

**REVISED: JUNE, 2022.**

#### **REFERENCIAS**

- [1] FULMER, I. S., and PLOYHART, R. E. (2014): Our Most Important Asset” a multidisciplinary/multilevel review of human capital valuation for research and practice. **Journal of Management**, 40, 161-192.
- [2] GENNAIOLI, N., LA PORTA, R., LOPEZ-DE-SILANES, F., and SHLEIFER, A. (2013): Human capital and regional development. **The Quarterly journal of economics**, 128, 105-164.
- [3] KLINGEBIEL, R., and RAMMER, C. (2014): Resource allocation strategy for innovation portfolio management. **Strategic Management Journal**, 35, 246-268.
- [4] KOENKER, R. (2005): **Quantile Regression**. New York: Cambridge University Press.
- [5] LENIHAN, H., MCGUIRK, H., and MURPHY, K. R. (2019): Driving innovation: Public policy and human capital. **Research Policy**, 48, 103791.
- [6] MCGUIRK, H., LENIHAN, H., and HART, M. (2015): Measuring the impact of innovative human capital on small firms’ propensity to innovate. **Research Policy**, 44, 965-976.
- [7] MONTALVO, C. (2006): What triggers change and innovation?. **Technovation**, 26, 312-323.
- [8] OTERO, J. V., and REYES, B. S. (2012): **Regresión cuantílica: Estimación y contrastes**. Instituto LR Klein-Centro Gauss.
- [9] STATA CORP. (2019): **Stata Statistical Software: Release 16**. College Station, TX: StataCorp LLC.
- [10] SUBRAMANIAM, M., and YOUNDT, M. A. (2005): The influence of intellectual capital on the types of innovative capabilities. **Academy of Management Journal**, 48, 450-463.
- [11] SUN, X., LI, H., and GHOSAL, V. (2020): Firm-level human capital and innovation: evidence from China. **China Economic Review**, 59, 101388.
- [12] TEIXEIRA, A., and TAVARES-LEHMANN, A. T. (2014): Human capital intensity in technology-based firms located in Portugal: Does foreign ownership matter?. **Research Policy**, 43, 737-748.
- [13] WOOLDRIDGE, J. M. (2010): **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. 2nd ed. Cambridge, MA: MIT Press