

# FACTORES CLAVE PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL PERÚ: ANÁLISIS DE UN ENFOQUE CAUSAL Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

## KEY FACTORS FOR THE INCREASE OF SCIENTIFIC PRODUCTION IN PERU: ANALYSIS OF A CAUSAL APPROACH AND COMPUTATIONAL SIMULATION

José L. Segovia-Juárez<sup>1</sup>  Cesar Osorio-Carrera<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Apurímac, Perú

<sup>2</sup>Universidad Continental, Lima, Perú

### Correspondencia:

José L. Segovia-Juárez, Ph.D.  
jsegoviaj@utea.edu.pe

**Como citar este artículo:** Segovia, J. , & Osorio, C. (2024). Factores clave para el incremento de la producción científica en el Perú: Análisis de un enfoque causal y simulación computacional. *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 3(2), 143- 157. <https://doi.org/10.57107/hyw.v3i1.53>

### RESUMEN

La producción científica es crucial para el desarrollo económico y social de un país, avanzando el conocimiento y la innovación. En Perú, aunque ha crecido en los últimos años, sigue rezagada respecto a otros países latinoamericanos. Este artículo analiza las variables clave para aumentar la producción científica en el país, a través de un modelo de sistema de innovación que examina las relaciones causales y retroalimentación entre la producción científica, el desarrollo tecnológico y las empresas de base tecnológica. Utilizando un modelo dinámico basado en el diagrama de Forrester y ecuaciones diferenciales, se realizó un estudio de sensibilidad e incertidumbre mediante el Latin Hypercube Sampling (LHS) y el cálculo de Coeficientes de Correlación Parcial (PRCC). La población peruana está creciendo debido a un balance entre nacimientos y fallecimientos, pero la inversión en investigación básica es baja, lo que afecta la generación de empresas basadas en tecnología. Se estima que el número de investigadores podría superar los 33 mil hasta el año 2060. Este trabajo muestra que para incrementar la producción científica es necesario incrementar el número de personal calificado, emplear debidamente a este personal, incrementar su productividad e implementar mecanismos para evitar la emigración.

**Palabras Clave:** Producción científica, Perú, sistema de innovación, diagrama de Forrester, ecuaciones diferenciales, Latin Hypercube Sampling (LHS), Coeficiente de Correlación Parcial (PRCC).

### ABSTRACT

Scientific production is crucial for a country's economic and social development, advancing knowledge and innovation. In Peru, although it has grown in recent years, it still lags behind other Latin American countries. This article analyzes the key variables to increase scientific production in the country through an innovation system model that examines causal relationships and feedback between scientific production, technological development, and technology-based companies. Using a dynamic model based on the Forrester diagram and differential equations, a sensitivity and uncertainty



study was conducted using Latin Hypercube Sampling (LHS) and partial correlation coefficients (PRCC). Peru's population is growing due to a balance between births and deaths, but basic research investment is low, affecting the creation of technology-based companies. It is estimated that the number of researchers could exceed 33,000 by 2060. This work shows that to increase scientific production, it is necessary to increase the number of qualified personnel, properly employ this staff, increase their productivity, and implement mechanisms to prevent emigration.

**Keywords:** Scientific production, Peru, innovation system, Forrester diagram, differential equations, Latin Hypercube Sampling (LHS), Partial Rank Correlation Coefficient (PRCC).

## INTRODUCCIÓN

La producción científica desempeña un papel fundamental en el desarrollo de un país, ya que no solo impulsa el avance del conocimiento y la innovación, sino que también contribuye significativamente al progreso económico y social.

La generación de nuevo conocimiento a través de la investigación científica no solo enriquece la base de información disponible, sino que también proporciona soluciones a problemas complejos que enfrenta la sociedad. Además, la producción científica fomenta la colaboración internacional, promueve el intercambio de ideas y conocimientos, y fortalece las relaciones entre países, lo que puede conducir a un desarrollo sostenible a nivel global (Banerjee, 2016; Sonnenwald, 2007).

La inversión en investigación y el desarrollo de recursos humanos especializados son factores clave que impulsan la producción científica y, en última instancia, contribuyen al crecimiento económico y al bienestar social de un país (Vlasyuk, 2023; Pan et al., 2012).

En este sentido, la promoción de una cultura de investigación y el apoyo a la ciencia son elementos esenciales para potenciar el impacto positivo de la producción científica en el desarrollo nacional (Cohen et al., 2010; Wagner et al., 2018).

La producción científica en el Perú ha experimentado un crecimiento importante en los últimos años, aunque aún se encuentra por debajo de otros países latinoamericanos.

En la Tabla 1 se aprecia el número de publicaciones y en la Tabla 2 el número de investigadores por millón de habitantes del Perú, en comparación con otros países de América Latina. Se observa, en el año 2020, que el Perú tenía aproximadamente un 25% de publicaciones y el 30% de investigadores que registra Chile, por habitante.

Además las publicaciones del Perú tienen menos impacto medidos por el Índice H, mostrando el bajo impacto de sus publicaciones en comparación con México o Brasil (ver Tabla 1).

**TABLA 1**

*Número de publicaciones por millón de habitantes de Brasil, Perú, México, Chile, Colombia, Promedio de América Latina y el Caribe y promedio de los países OCDE.*

Número de publicaciones por 1 millón de habitantes							
Año	Brasil	Perú	México	Chile	Colombia	Promedio América Latina y el Caribe	Promedio OCDE
2010	262	39	143	420	110	150	1.934
2011	282	44	150	458	126	184	2.058
2012	310	48	160	518	146	189	2.208
2013	323	52	168	537	163	206	2.311
2014	337	58	178	627	180	207	2.376
2015	350	69	181	665	195	219	2.436
2016	369	80	191	748	224	234	2.530
2017	388	95	201	749	245	263	2.583
2018	410	111	212	821	273	270	2.636
2019	418	138	228	860	294	272	2.680
2020	447	183	242	963	323	298	2.765
Índice H de publicaciones por país							
2023	789	315	598	515	405	--	--

Nota: Tomado de CONCYTEC Principales indicadores (2024) y el Scimago Journal & Country Rank 2024.

**TABLA 2**

*Número de investigadores por millón de habitantes de Brasil, Perú, México, Chile, Colombia, Promedio de América Latina y el Caribe y promedio de los países OCDE.*

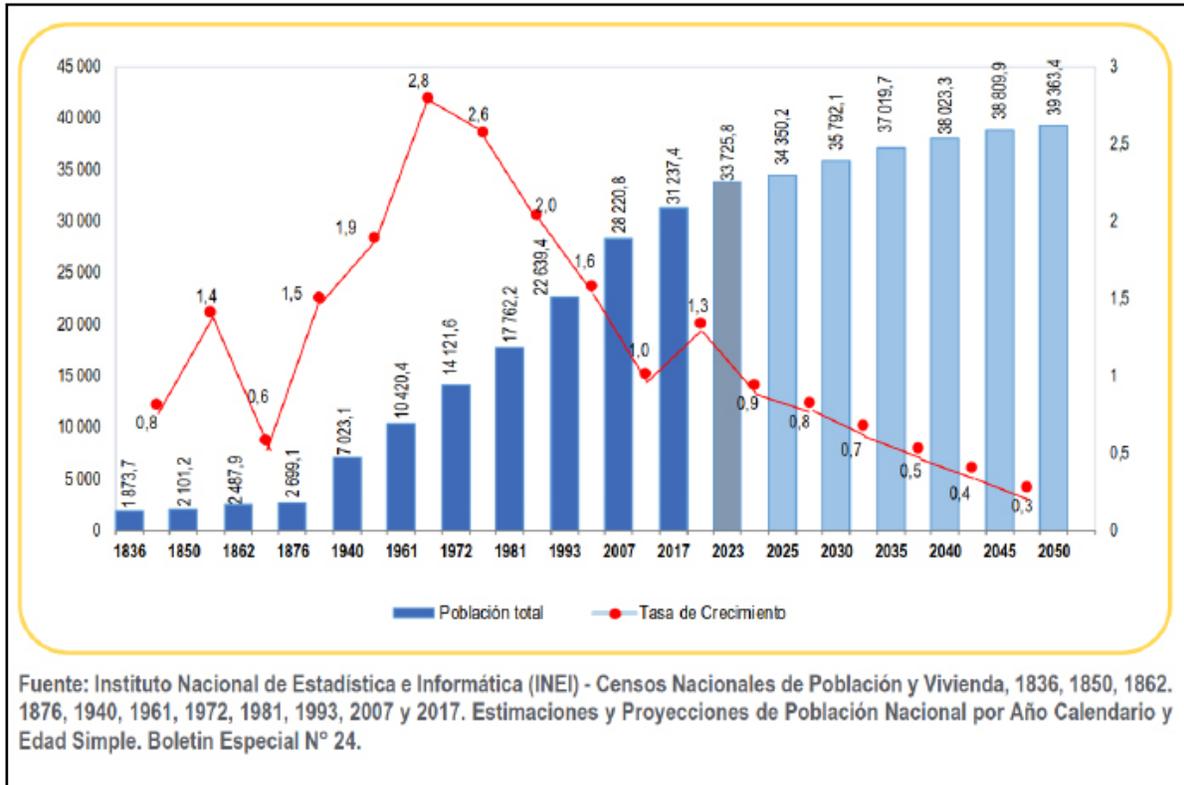
Número de investigadores por 1 millón de habitantes							
Año	Brasil	Perú	México	Chile	Colombia	Promedio América Latina y el Caribe	Promedio OCDE
2010	686		478	554	157	430	3.576
2011	738		488	545	165	456	3.762
2012	788		353	600	170	459	3.756
2013	838		355	557	172	480	3.898
2014	888		371	693	176	499	3.911
2015	934	105	401	724	211	527	4.026
2016	963	133	441	779	240	573	4.022
2017	960	142	437	779	266	581	4.164
2018	998	153	432	826	295	602	3.836
2019	1.041	205	455	815	334	606	4.370
2020	1.084	242	455	818	369	614	4.267

Nota: Tomado de CONCYTEC Indicadores principales (2024).

En el Perú, el INEI estima unos 33.7 millones de personas para el año 2023, proyectándose unos 39 millones para el año 2050, con una tasa de crecimiento anual que muestra tendencias hacia la baja, comprometiendo el incremento poblacional futuro, como se aprecia en la Figura 1.

**FIGURA 1**

*Población total y tasa de crecimiento promedio anual del Perú, 1836-2050*



Nota: Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI (2023).

Para mejorar el rendimiento científico en el país, es fundamental considerar diversos factores clave.

La formación de recursos humanos especializados, la inversión en investigación y el fomento de una cultura de publicación científica son aspectos fundamentales que pueden potenciar la producción científica (Cabezas, 2014).

En este artículo se analizan las principales variables de control para aumentar la producción científica. Para ello, se examinan las relaciones causales de un modelo de sistema de innovación, incluyendo la producción científica, el desarrollo tecnológico y la retroalimentación positiva con la producción.

Luego, se genera un modelo dinámico para generar publicaciones, que se describe mediante el diagrama de Forrester y un sistema de ecuaciones diferenciales.

Finalmente se realiza un estudio de sensibilidad e incertidumbre mediante el Latin Hypercube Sampling (LHS) y el cálculo de Coeficientes de Correlación Parcial (PRCC), realizando una serie de experimentos computacionales para identificar los parámetros más importantes que afectan la producción científica. Finalmente, se discuten los resultados y se presentan las conclusiones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La construcción de diagramas causales fue un proceso sistemático diseñado para identificar y visualizar las relaciones causales entre diversas variables dentro de un sistema específico.

Se inicia con la delimitación clara del problema o situación que se deseaba analizar y la recolección de datos relevantes. Luego, se identificaron y categorizaron las variables en causas y efectos.

A continuación, se determinaron las relaciones causales directas e indirectas entre estas variables, incluyendo la identificación de bucles de retroalimentación positivos o negativos. Estas relaciones se representan en un diagrama utilizando nodos para las variables y flechas para indicar la dirección y naturaleza de las influencias causales. Se etiquetaron las flechas con signos positivos (+) o negativos (-) para indicar la naturaleza de la relación, si es directa o inversa (Aracil, J. 1995).

Una vez construido, el diagrama causal fue revisado y validado para asegurar su precisión y consistencia. Luego, en base a este diagrama causal, se construye un diagrama de Forrester para hacer simulaciones computacionales.

El diagrama de Forrester que tienen elementos clave que son las variables de nivel (stocks), que son acumulaciones o estados del sistema en un momento dado, y las variables de flujo (flows), que representan las tasas de cambio que afectan a los stocks. Además, estos diagramas utilizan variables auxiliares para describir factores que influyen en los flujos y enlaces de información para mostrar las influencias entre variables.

Los bucles de retroalimentación (feedback loops), que pueden ser positivos o negativos, son esenciales para capturar las dinámicas de retroalimentación dentro del sistema (Aracil, J. 1995). Un diagrama de Forrester se implementó en un sistema de

ecuaciones diferenciales para realizar simulaciones computacionales.

Se utilizó el programa Vensim PLE para construir diagramas causales y el modelo dinámico. Simulaciones y estudios de sensibilidad e incertidumbre mediante el LHS/PRCC.

El análisis de sensibilidad LHS/PRCC, una técnica utilizada en el análisis de incertidumbre para explorar todos los parámetros de un modelo con un número mínimo de simulaciones de computadora, conocida como Latin Hypercube Sampling (LHS) combinada con el coeficiente de correlación de rango parcial (PRCC), identificó los parámetros clave cuyas incertidumbres contribuyen a la predicción de la imprecisión y ordenarlos según su importancia en dicha contribución (Blower & Dowlatabadi, 1994).

Al aplicarse el análisis de sensibilidad LHS/PRCC, se buscó no solo comprender la influencia de los parámetros en la incertidumbre de las predicciones, sino también mejorar la precisión y fiabilidad de los modelos. Esto resulta fundamental para tomar decisiones informadas; para la ejecución del modelo se utilizaron las librerías para la resolución de ecuaciones diferenciales del programa CRUN y el PRCC implementado en C++.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagrama causal de la Figura 2, muestra a una población total que está creciendo de un balance entre el sistema de retroalimentación positiva de los nacimientos, y el de retroalimentación negativa de los fallecimientos. Una fracción de esta población está siendo capacitada para participar en actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación. Existe una demora que toma varios años para formar a los jóvenes en ser investigadores y tecnólogos.

Esta población de investigadores y tecnólogos puede emigrar, se retira por edad (realimentación negativa),

y puede recibir un flujo desde el extranjero.

La producción científica es producto de la actividad de los investigadores y tecnólogos, formados, y debidamente empleados.

Una fracción de la investigación puede ser implementada en desarrollo tecnológico, y luego de cierto tiempo, con la debida inversión ya sea interna o externa, se pueden generar empresas de base tecnológica, que brinden productos y servicios tecnológicos.

A su vez, las ventas de las empresas tecnológicas se pueden reinvertir en el financiamiento de nuevos emprendimientos, generando un lazo de realimentación positivo.

Por su parte, parte de los impuestos recibidos por el Estado pueden ser reinvertidos en laboratorios, infraestructura, en formación de nuevo personal, o atracción de investigadores extranjeros, generando otros lazos positivos que realimentan la generación del conocimiento.

En el Perú, los lazos positivos para la formación de empresas de base tecnológica aún no han son fuertes debido a diversas causas, incluyendo la falta de investigación básica, generada por un bajo número de investigadores, baja calidad de la investigación y carencia de incentivos para el desarrollo tecnológico.

Los esquemas de financiamiento y escalabilidad necesarios para generar empresas tecnológicas también han sido poco efectivos o ausentes.

Como resultado, estos lazos de realimentación positiva aún no están siendo debidamente implementados en la comunidad de innovación privada y pública.

A modo de ejemplo, en la Tabla 3 se muestra el gasto por tipo de investigación (Ricyt, 2024), donde

se aprecia que en año 2021, en el Perú, la inversión en ciencias básicas fué del 2.3%, mientras que en Argentina, España y México fue del 22%, 23% y 30% respectivamente.

Además, los proyectos financiados para el desarrollo experimental pueden no tener la misma calidad que aquellos implementados en países con un mejor nivel científico y tecnológico.

Un indicador adicional de este desequilibrio es el Índice de Innovación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, 2022), donde se observa que Perú ocupa el puesto 90 en cuanto a generación de conocimientos y tecnología (ver Tabla 4).

Por otro lado, países como España se encuentran en un lugar más destacado ocupando el puesto 27; México también ha demostrado una mayor capacidad innovadora, ubicándose en el puesto 58.

Argentina ocupa la posición general 69 según este indicador; sin embargo, es relevante señalar que este país ha logrado un crecimiento significativo en el sector de biotecnología.

En Argentina, en el 2022 se han registrado un total de 340 empresas de biotecnología, lo que las coloca en la posición número 10 a nivel mundial (Gobierno de Argentina, 2023).

Este avance puede atribuirse a una inversión previa en investigación básica y al acceso a recursos humanos altamente calificados.

**TABLA 3**

Fracción del gasto por tipo de investigación en Argentina, España, Estados Unidos, México y Perú, en el año 2021. Tomado de RICYT (2024).

Tipo de Investigación	Argentina	España	Estados Unidos	México	Perú
Investigación Básica	0,2233	0,2372	0,151	0,3072	0,023
Investigación Aplicada	0,3945	0,4565	0,1963	0,3011	0,3608
Desarrollo Experimental	0,3822	0,3064	0,6526	0,3917	0,6162

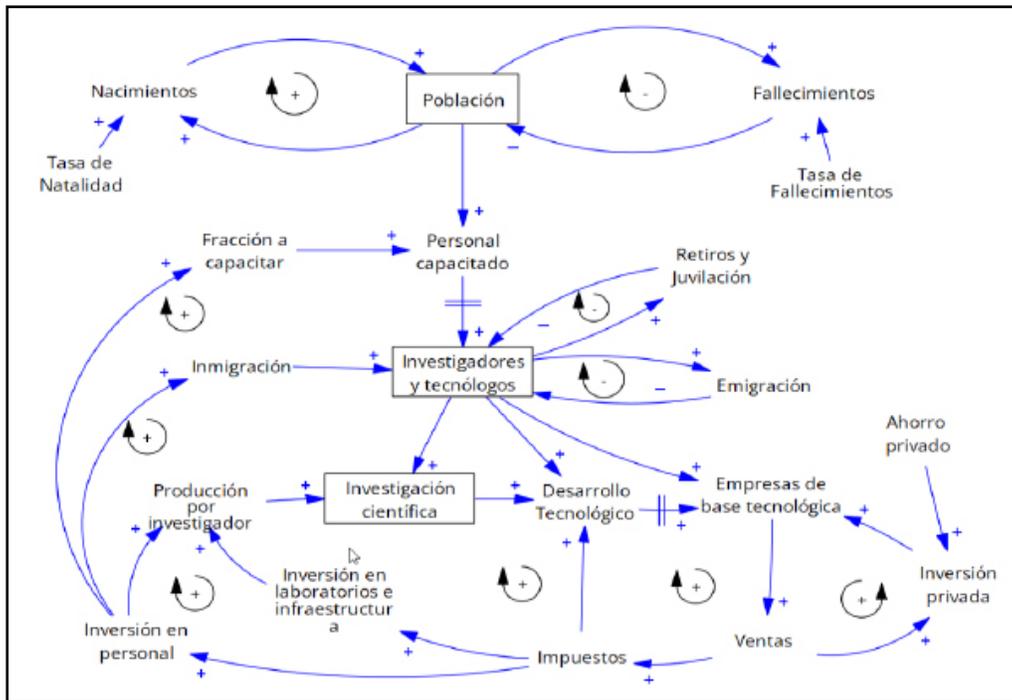
**TABLA 4**

Índice mundial de Innovación, 2022. Posición relativa del país. Tomado de WIPO (2022).

Indicador \ País	Argentina	España	Estados Unidos	México	Perú
Capital Humano e Investigación	69	26	9	58	47
Producción de Conocimientos y Tecnología	77	27	3	58	90
Resultado general	69	29	2	58	65

**FIGURA 2**

Diagrama causal del sistema de investigadores y generación de publicaciones.



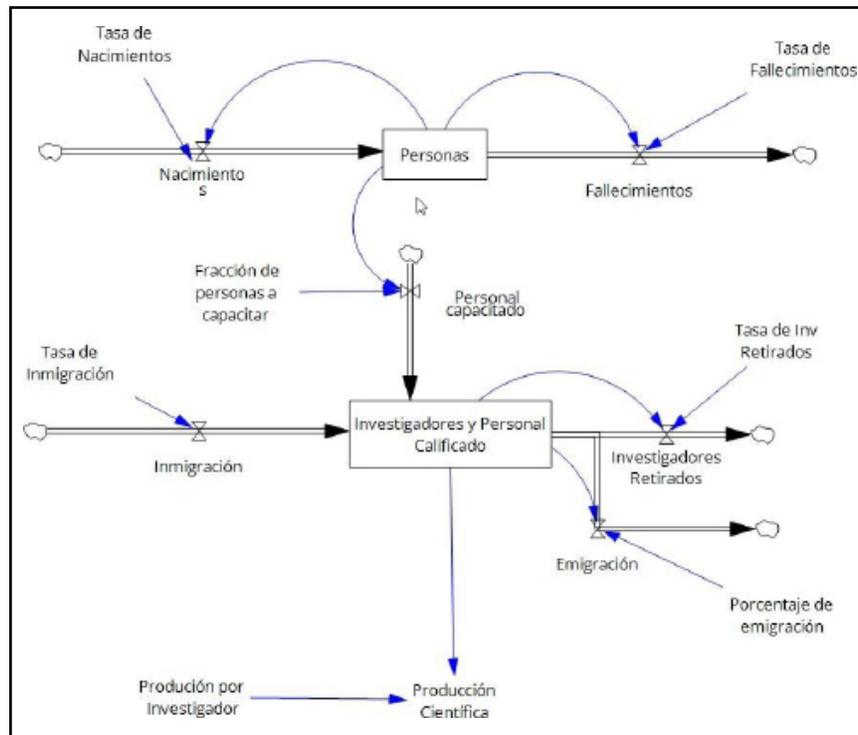
### El Diagrama Dinámico y simulación computacional

Se ha construido el diagrama dinámico o diagrama de Forrester hasta focalizar la producción científica (ver Figura 3).

Se analiza la dinámica de la población peruana desde el año 2024 hasta el año 2060, considerando tasas de natalidad y mortalidad constantes (ver Tabla 5), estimándose unos 47 millones de habitantes para el año 2060 (ver Figura 4).

**FIGURA 3**

*Diagrama de Forrester de la generación de publicaciones en el sistema peruano.*



El INEI (2023) estima que, en el año 2023, la población en joven, de 15 a 29 años de edad, es de 7.8 millones (ver Tabla 5), de los cuales una fracción está orientada a ser educada en las áreas de ciencia y tecnología.

**TABLA 5**

*Perú: Evolución de la población joven, de 15 a 29 años de edad, según sexo y grupos de edad, 1940 – 2023 (en miles de habitantes).*

Sexo y grupos de edad	Población censada							Población Proyectada 2023
	1940	1961	1972	1981	1993	2007	2017	
Total	6 208,0	9 906,7	13 538,2	17 005,2	22 048,4	27 412,2	29 381,9	33 725,8
0 - 14	2 612,2	4 290,1	5 937,3	7 012,6	8 155,4	8 357,5	7 754,1	8 121,7
15 - 29	1 601,3	2 563,2	3 493,5	4 743,9	6 296,3	7 554,2	7 317,5	7 867,5
30 y más	1 994,5	3 053,5	4 107,5	5 248,7	7 596,7	11 500,4	14 310,3	17 736,6

Nota: Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2023).

La población objetivo para el entrenamiento de investigadores y tecnólogos debe enfocarse en jóvenes de 15 a 29 años de edad.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI,2023), Perú cuenta con una población juvenil de aproximadamente 7,8 millones de personas. Sin embargo, según INEI en 2022, solo un 36,8% de estos jóvenes tienen estudios superiores, mientras que el 59% ha alcanzado nivel secundario.

Además, se estima que alrededor del 30-35% de los estudiantes en niveles terciarios tienen preferencias por campos de ingeniería y ciencias (Figura 5).

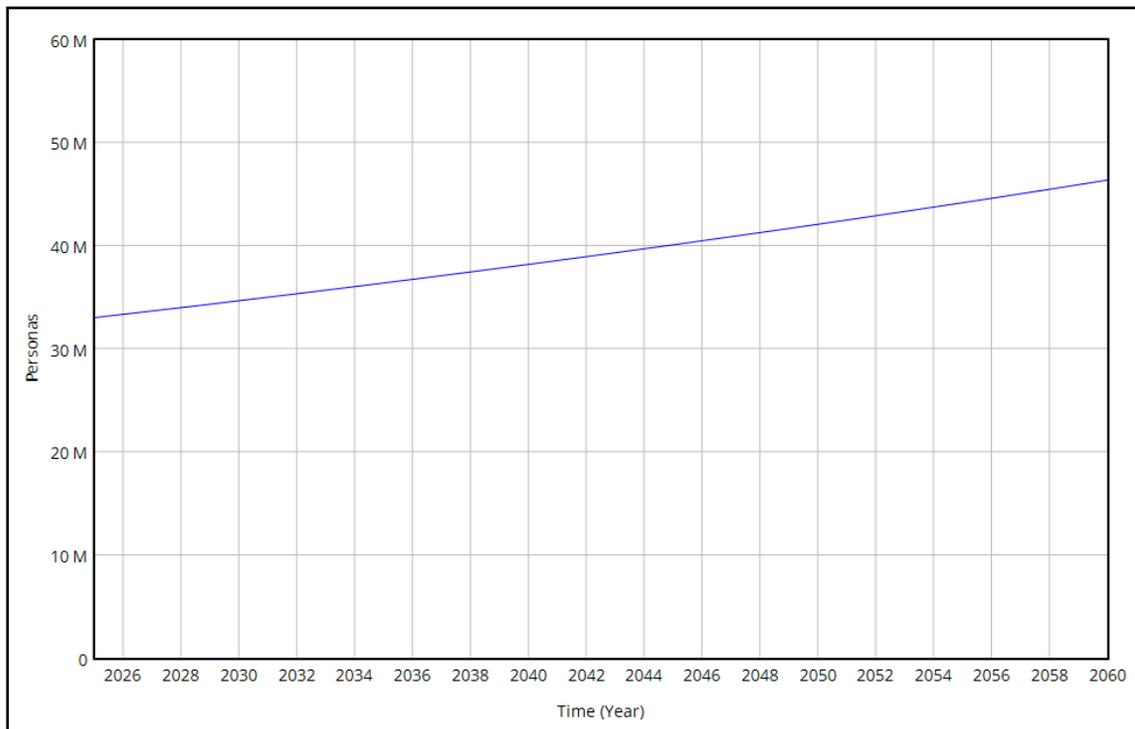
Se destaca que las preferencias universitarias por Química, Física, Matemáticas y Biología son relativamente bajas, sumando un 2,7%.

Es importante destacar que la población joven no ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos 15 años.

Además, la baja proporción de estudiantes en ciencias y tecnología representa un riesgo para el desarrollo sostenible y el aumento significativo de la producción científica y las actividades innovadoras en el futuro.

#### FIGURA 4

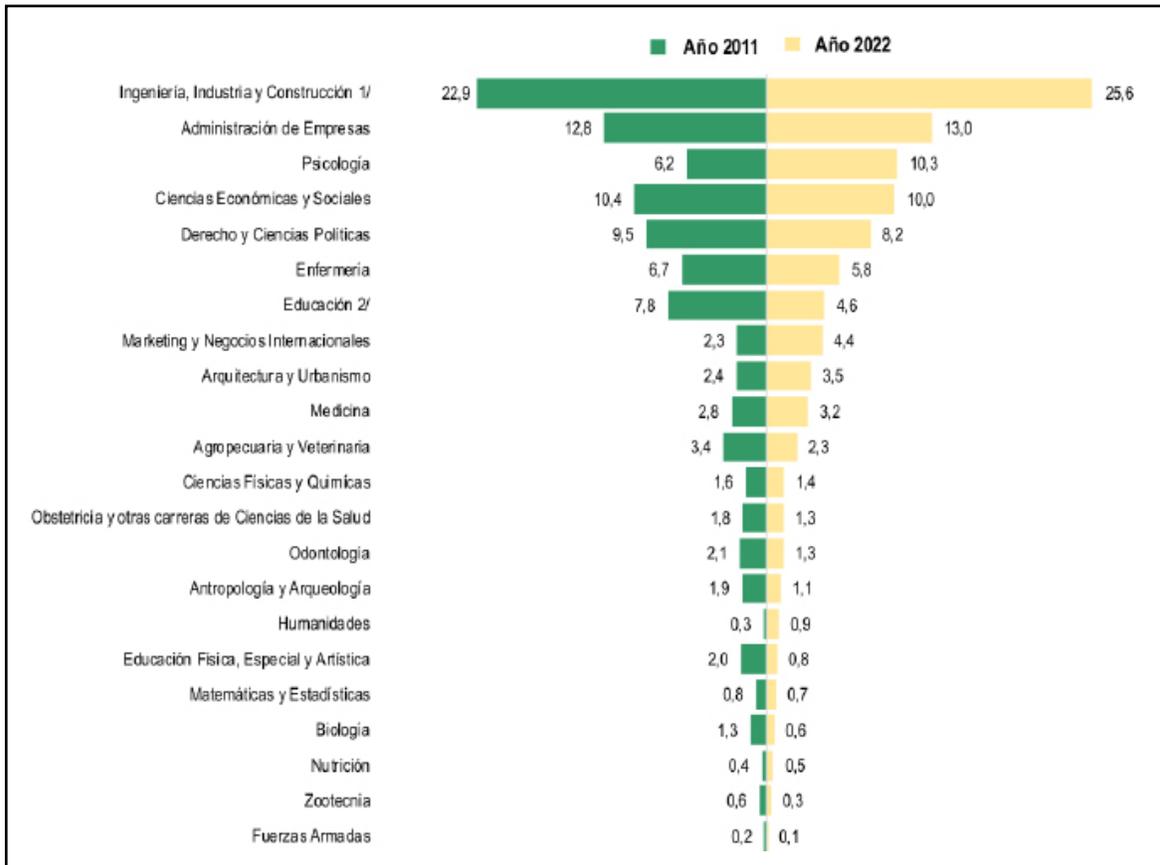
*Dinámica de la población total del Perú, calculada con el modelo desde el año 2024 hasta el año 2060.*



Nota: Al año 2060 se calculan unos 47 millones de habitantes.

**FIGURA 5**

Perú: Profesiones universitarias preferidas por la población joven de 15 a 29 años de edad, 2011 y 2022.



Nota: Tomado de INEI (2023).

El número de investigadores es calculado en la ecuación con el ingreso de una fracción constante de la población (población capacitada), la inmigración, la emigración, y el número de años en servicio (ver Tablas 6 y 7).

La Figura 5 muestra una estimación de su número hasta el año 2060, que podría superar los 30 mil investigadores. Pero estas estimaciones están calculadas sobre un conjunto de valores iniciales estimados en la Tabla 7, que tienen incertidumbre.

Como mencionamos en la metodología, para estudiar la relación de los parámetros con las variables de estudio, se realizaron experimentos con LHS/PRCC con los rangos de valores de la Tabla 8.

El número de investigadores está positivamente correlacionado con la fracción de personas a capacitar, y negativamente correlacionada con el porcentaje de emigración, como se aprecia en la Figura 7. La inmigración es correlacionado positivamente pero tiene menos impacto. Esto significa que es importante mantener el crecimiento en el número de investigadores, lo que implica el crecimiento en el número de puestos de trabajo tanto en universidades, institutos de investigación y empresas, en un marco de una carrera del investigador de características de permanencia en la institución, y no ser considerados como consultores temporales.

**TABLA 6***Ecuaciones del modelo.*

<b>Ecuación</b>	<b>No.</b>
Nacim = Personas * tnac	(1)
Fallecim = Personas * tmor	(2)
Emigran = Investigadores * pemigr/100	(3)
Inmigra = ninmigra	(4)
Retirados = Investigadores * tasaretiro	(5)
Capacitados = Personas * fpcapacita	(6)
Produccion = Investigadores * prodivest	(7)
Inversion = Investigadores * inannual	(8)
$\frac{dPersonas}{dt} = \text{Nacim} - \text{Fallecim}$	(9)
$\frac{dInvestigadores}{dt} = \text{Inmigra} + \text{Capacitados} - \text{Emigran} - \text{Retirados}$	(10)

**TABLA 7***Valores iniciales de las variables del modelo.*

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Fuente</b>
tmor	Tasa de Mortalidad en población	0.0064	INEI (2023)
tnac	Tasa de Natalidad	0.0161	INEI (2023)
tasaretiro	Retiro a los 30 años de servicio	0.0333	Estimado
inannual	Inversión neta anual de salario por investigador (en Soles)	120,000	Estimado
ninmigra	Número de inmigrantes por año	50	Estimado
fpcapacita	Fracción de personas a capacitar	0.000045	Número de investigadores por población
pemigr	Porcentaje de emigración	2 %	Estimado
prodivest	Producción por investigador	1	Producción anual
Personas	Población inicial	33,000,000	INEI
Investigadores	Población de investigadores en 2024	9,000	Estimado

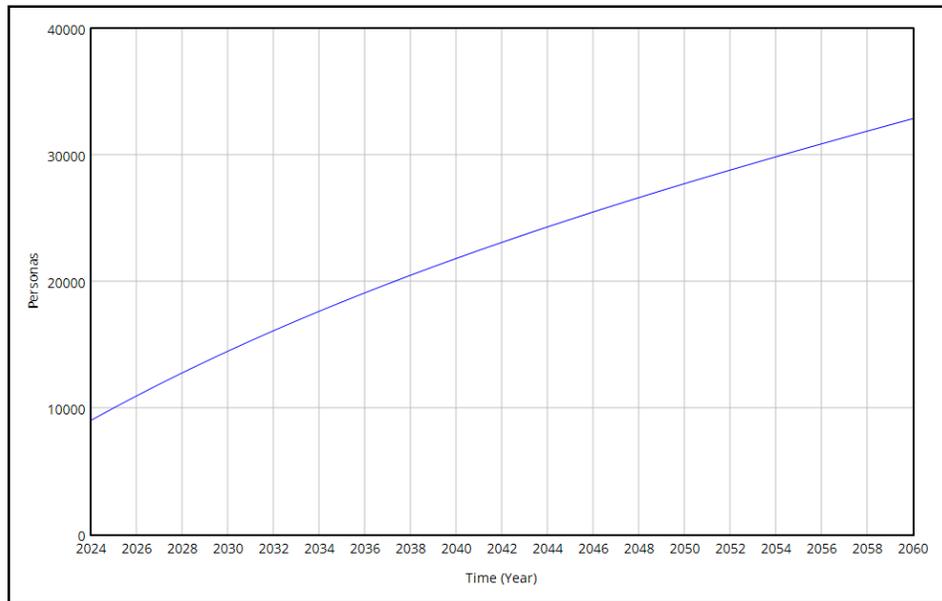
**TABLA 8**

Rango de valores de las variables para LHS/PRCC, N=200. Las variables de estudio (outcomes) son Producción e Investigadores.

Variable	Rango inicial	Rango Final	Descripción
ninmigra	10	1000	Número de migrantes por año
fpcapacita	0.00003	0.00012	Fracción de personas a capacitar por año
pemigr	1	10	Porcentaje de emigración por año
proinvest	1	10	Producción por investigador por año

**FIGURA 6**

Número de investigadores proyectados mediante el modelo computacional. Con tasas de crecimiento poblacional y de capacitación.



Nota: Se proyecta unos 33 mil investigadores para el año 2060.

La emigración es un factor importante que afecta negativamente el desarrollo del personal altamente calificado en el país, por lo que se deben implementar medidas para retener y promover al personal.

Estas medidas para la promoción del personal y evitar la emigración son de carácter estructural y financiero.

En el nivel universitario, los profesores que ingresan en la carrera deberían ser investigadores

debidamente formados, que reciban financiamiento institucional y nacional, participando en redes de investigación. A nivel organizacional, debe implementarse una reforma de los institutos de I+D públicos, para optimizar su estructura e incrementar significativamente el número de investigadores de carrera, y su producción científica de calidad e importancia.

En cuanto a la promoción de la inmigración de personal altamente calificado, se han identificado numerosos desafíos.

No solo otros países ofrecen salarios y perspectivas profesionales más atractivas, sino que el Perú también carece de facilidades para que los investigadores puedan instalarse con su familia y pertenencias.

La obtención de visa de trabajo es un proceso complicado que puede demorar meses, lo que dificulta aún más la situación. Además, las familias de los investigadores extranjeros encuentran grandes dificultades para obtener visas de residencia.

Las universidades carecen de programas de estudios doctorales fuertes y el financiamiento para investigadores post-doctorales. Los institutos de investigación carecen de plazas para investigadores. Actualmente no se tienen establecidos con claridad el proceso de contratación de investigadores extranjeros que vayan a residir en el país durante varios meses o años.

Para implementar todo ello se requiere un incremento sostenido en la inversión, para financiar las plazas de recursos humanos, los equipos y laboratorios.

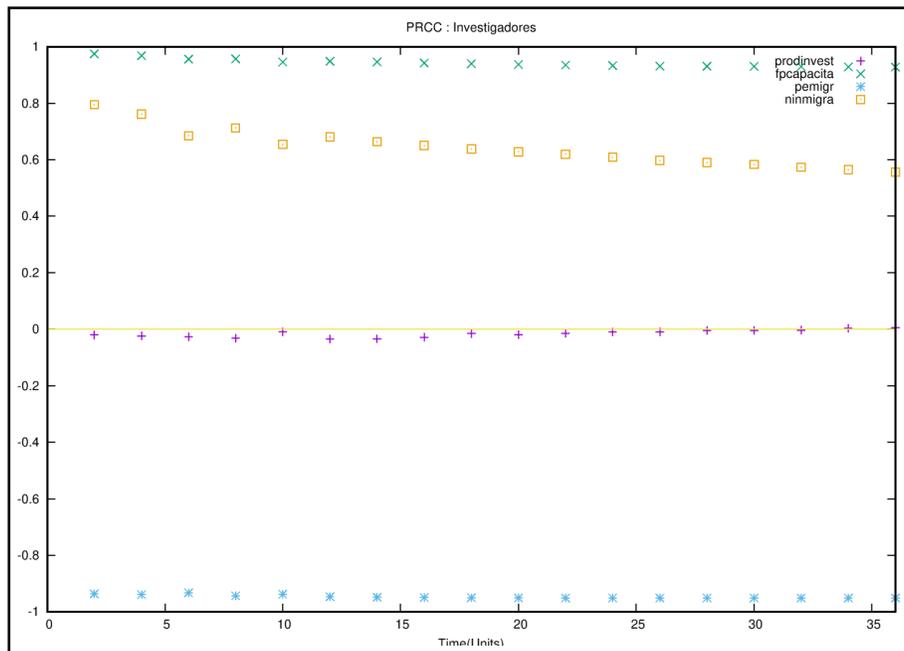
La producción científica presenta una relación directa con el porcentaje de personas capacitadas y la cantidad de artículos publicados por investigador.

Por otro lado, se observa una relación inversamente proporcional entre la producción científica y la tasa de emigración, como se muestra en los resultados experimentales del análisis de sensibilidad LHS/PRCC presentados en la Figura 8.

En el futuro se puede incrementar la complejidad del modelo del sistema de innovación para realizar experimentos computacionales e identificar con claridad las herramientas de políticas de innovación, ciencia y tecnología, optimizando los recursos, en la búsqueda del logro de los objetivos nacionales.

## FIGURA 7

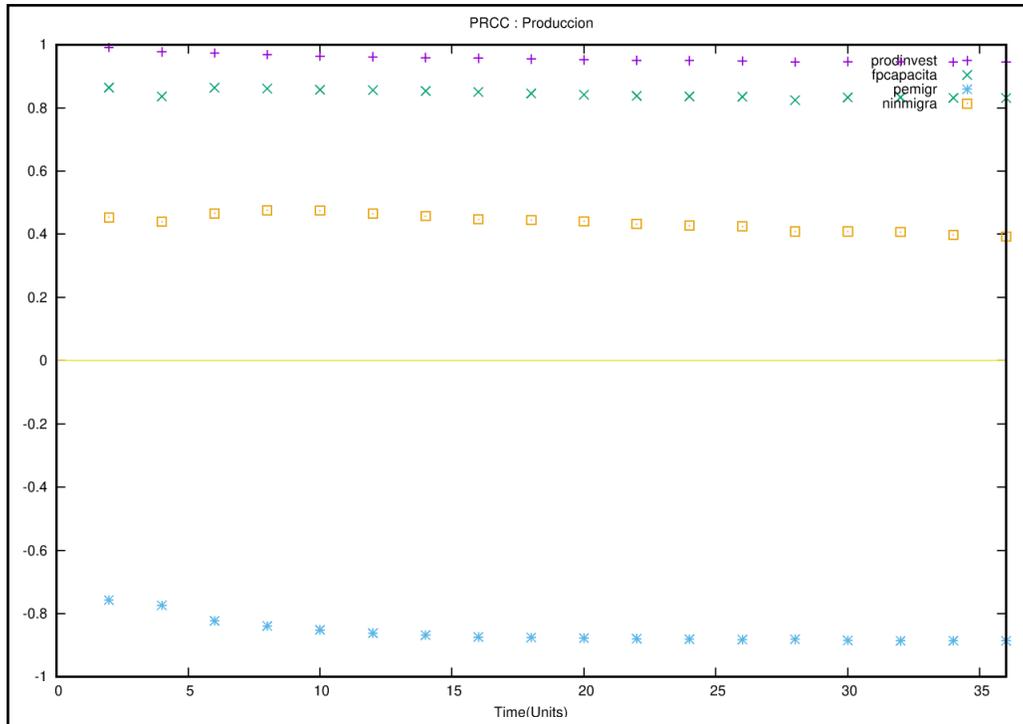
Valores del PRCC de los parámetros para estudiarlos en el número de investigadores. Las variables porcentaje de personas capacitadas (*fpcapacita*).



Nota: Con fuerte correlación positiva, y la probabilidad de emigración (*pemigr*), con fuerte correlación negativa,  $p < 0.001$ .

**FIGURA 8**

Valores del PRCC de los parámetros para estudiarlos en la producción científica. Los variables resultados de la producción por investigador (proinvest).



Nota: Con correlación positiva, el porcentaje de personas capacitadas (fpcapacita), que tiene una correlación positiva, y la probabilidad de emigración (pemigra), que tiene una correlación negativa,  $p < 0.001$ .

**CONCLUSIONES**

Se ha desarrollado un modelo causal y un modelo dinámico para realizar estudios de simulación computacional sobre la producción científica en el Perú.

A un ritmo de crecimiento financiado constante, se prevé que en el año 2060 haya una población de aproximadamente 33,000 investigadores, siempre y cuando existan oportunidades laborales estables y consolidadas para retenerlos.

Los estudios de LHS/PRCC muestran que para incrementar la producción científica es necesario incrementar el número de personal calificado, debidamente empleado, incrementar su productividad, e implementar mecanismos para evitar la emigración de personal calificado.

Es fundamental aumentar de manera constante y significativa la inversión para las plazas de investigadores (postdoctorales y permanentes), la infraestructura y equipos, para mantener el crecimiento de la producción científica y tecnológica.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Aracil, J. (1995). *Dinámica de sistemas*. Editorial: ISDEFE. [https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/51/dinsist-dinamica\\_systemas.pdf](https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/51/dinsist-dinamica_systemas.pdf)

Banerjee, S. (2016). Analysis of a planetary scale scientific collaboration dataset reveals novel patterns. *In Advances in Data Science*

- and Adaptive Analysis*, 85 - 90. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-45901-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45901-1_7)
- Blower, S., & Dowlatabadi, H. (1994). Sensitivity and uncertainty analysis of complex models of disease transmission: An HIV model, as an example. *International Statistical Review*, 62(2), 229 - 243. <https://doi.org/10.2307/1403510>
- Cabezas, C. (2014). Revista peruana de medicina experimental y salud pública: Generando una cultura de publicación en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 29(3). <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2012.293.361>
- Cohen, M., Alexander, G., Wyman, J., Fahrenwald, N., Porock, D., Wurzbach, M., et al. (2010). Scientific impact: Opportunity and necessity. *Western Journal of Nursing Research*, 32(5), 578-590. <https://doi.org/10.1177/0193945910365328>
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica [CONCYTEC]. (2024). *Principales indicadores*. <https://portal.concytec.gob.pe/indicadores/principales/>
- Gobierno de Argentina. (2023). *Argentina se ubica entre los 10 países con más empresas de biotecnología del mundo*. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/argentina-se-ubica-entre-los-10-paises-con-mas-empresas-de-biotecnologia-del-mundo>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2023). *Situación de la Población Peruana 2023: Una mirada hacia los jóvenes*. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4408941-situacion-de-la-poblacion-peruana-al-2023-una-mirada-hacia-los-jovenes>
- Pan, R., Kaski, K., & Fortunato, S. (2012). World citation and collaboration networks: Uncovering the role of geography in science. *Scientific Reports*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/srep00902>
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericana e Interamericana [RICYT] (2024). *Gastos en investigación y desarrollo por tipo de financiación*. [https://app.ricyt.org/ui/v3/comparative.html?indicator=GASIDTIPER&start\\_year=2012&end\\_year=2021#chartitle](https://app.ricyt.org/ui/v3/comparative.html?indicator=GASIDTIPER&start_year=2012&end_year=2021#chartitle)
- Sonnenwald, D. (2007). Scientific collaboration. *Annual Review of Information Science and Technology*, 41(1), 643 - 681. <https://doi.org/10.1002/aris.2007.1440410121>
- Vlasyuk, T. (2023). Efficiency analysis of using the scientific potential in the Ukrainian higher education system. *Management*, 36(2), 9 - 24. <https://doi.org/10.30857/2415-3206.2022.2.1>
- Wagner, C., Whetsell, T., Baas, J., & Jonkers, K. (2018). Openness and impact of leading scientific countries. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 3. <https://doi.org/10.3389/frma.2018.00010>
- World Intellectual Property Organization [WIPO] (2022). *Global Innovation Index 2022: What is the future of innovation-driven growth? ()* Editorial: WIPO. <https://doi.org/10.34667/tind.46596>