

Impacto de la esperanza de vida, mortalidad y calidad del aire en la innovación global

*Diego José Caballero*¹

Correo electrónico: diegocaballeroc@usantotomás.edu.co

*Alexander Carvajal*²

Correo electrónico: alexander.carvajal@usantoto.edu.co

Resumen

En este estudio se analizó la influencia de la esperanza de vida, la tasa de mortalidad y la calidad del aire sobre la innovación a nivel mundial. El objetivo general del estudio fue evaluar cómo estos factores afectan la capacidad de innovación global. Para ello, la metodología consistió en recopilar datos estadísticos de 10 países de diferentes continentes. Se emplearon métodos econométricos con modelos de formas funcionales para estimar las elasticidades e impactos marginales de las variables seleccionadas en el índice de innovación de cada país.

Los resultados mostraron que una mayor esperanza de vida se asocia positivamente con la capacidad innovadora, mientras que altas tasas de mortalidad y niveles elevados de contaminación del aire tienen un efecto negativo significativo. La esperanza de vida incentiva la inversión en educación y formación profesional, creando un entorno favorable para la innovación. En contraste, la alta mortalidad y la contaminación del aire reducen la capacidad cognitiva y desvían recursos que podrían destinarse a investigación y desarrollo.

Las principales conclusiones de la práctica realizada indican que mejorar la salud pública y la calidad del aire puede ser una estrategia efectiva para fomentar la innovación en los países. Estos hallazgos subrayan la importancia de políticas integrales que consideren

¹ Estudiante de negocios internacionales y mercadeo en la universidad santo Tomás de Colombia, integrante del semillero de investigación “*Econometría aplicada a los negocios internacionales*”

² Economista, Especialista en Matemáticas Aplicadas y Magister en Estadística Aplicada. Actualmente se desempeña como docente en la Universidad Santo Tomás Tunja Colombia.

tanto los determinantes directos como los indirectos de la capacidad innovadora para promover el crecimiento económico y el bienestar social. Tanto los determinantes directos como los indirectos de la capacidad innovadora para promover el crecimiento económico y el bienestar social.

Palabras clave

Esperanza de vida – Innovación – Mortalidad - Contaminación del aire – Educación
-Capital humano – Desarrollo – Tecnología - Investigación y desarrollo (I+D)

Abstract

In this study, the influence of life expectancy, mortality rate, and air quality on global innovation was analyzed. The general objective of the study was to assess how these factors affect global innovation capacity. To achieve this, the methodology involved gathering statistical data from 10 countries across different continents. Econometric methods with functional form models were employed to estimate the elasticities and marginal impacts of the selected variables on each country's innovation index.

The results showed that higher life expectancy is positively associated with innovative capacity, whereas high mortality rates and elevated levels of air pollution have a significant negative effect. Life expectancy encourages investment in education and vocational training, creating a favorable environment for innovation. In contrast, high mortality and air pollution reduce cognitive capacity and divert resources that could otherwise be allocated to research and development.

The main conclusions drawn from the study indicate that improving public health and air quality can be an effective strategy for promoting innovation in countries. These findings

underscore the importance of comprehensive policies that consider both direct and indirect determinants of innovation capacity to foster economic growth and social well-being.

Key words

Life expectancy -Innovation – Mortality - Air pollution – Education - Human capital
– Development – Technology -Research and development (R&D)

Introducción

La innovación se ha consolidado como un factor importante en el desarrollo social, tecnológico y económico de las naciones. Algunas aproximaciones al concepto de innovación son: "La innovación es el proceso por el cual nuevas tecnologías y nuevos productos reemplazan a las anteriores". (Schumpeter, 1947, p. 83). Peter Drucker también define la innovación como "El acto de dotar a los recursos con una nueva capacidad de producir riqueza. (Drucker, P. F. 1985, P 43)" y Michael Porter la considera como la creación y aplicación de nuevas ideas que mejoran los productos, servicios, procesos y métodos de organización de una empresa, permitiéndole obtener una ventaja competitiva sostenible en el mercado. (Porter, M. E. 1990).

Históricamente, la innovación ha sido el motor detrás de los grandes avances tecnológicos y sociales. Desde la Revolución Industrial, pasando por la era de la información, hasta la actual cuarta revolución industrial, la capacidad de innovar ha permitido a las naciones superar desafíos y alcanzar niveles de desarrollo sin precedentes. Joseph

Schumpeter, uno de los padres de la teoría del desarrollo económico, argumenta que la innovación es el motor del crecimiento económico, incrementando la productividad y

resolviendo problemas sociales críticos. Este argumento es respaldado por la evidencia empírica que muestra cómo las economías más innovadoras tienden a tener mayores tasas de crecimiento y mejores estándares de vida.

La innovación se mide a través de diversos indicadores, siendo uno de los más reconocidos el Índice Global de Innovación (GII, por sus siglas en inglés). Este índice, desarrollado por la Universidad de Cornell, INSEAD y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), evalúa las capacidades y los resultados en innovación de las economías mundiales. El GII se compone de una serie de subíndices que abarcan distintos aspectos como instituciones, capital humano e investigación, infraestructura, sofisticación del mercado y sofisticación empresarial, así como los resultados de conocimiento y tecnología, y de creatividad. La importancia de este indicador radica en su capacidad para proporcionar una visión comprensiva y comparativa de las fortalezas y debilidades en el ecosistema de innovación de cada país. Permite a los responsables de políticas y a los líderes empresariales identificar áreas de mejora, diseñar estrategias efectivas para fomentar la innovación y evaluar el impacto de las políticas implementadas. Además, el GII promueve la competencia sana y el aprendizaje entre naciones, incentivando a los países a mejorar continuamente sus entornos innovadores para alcanzar mayores niveles de desarrollo y competitividad global.

Sin embargo, a pesar de su importancia crítica, existe una notable carencia de evidencia clara sobre las variables que influyen en los niveles de innovación a nivel mundial. Sin un entendimiento profundo de los factores que impulsan la innovación, los esfuerzos para estimularla pueden ser ineficaces o, peor aún, contraproducentes.

Este estudio explora cómo factores sociales y ambientales referenciados por los indicadores – esperanza de vida, tasa de mortalidad y calidad del aire – influyen en la capacidad de innovación de los países. A través de un análisis econométrico de una muestra representativa de naciones de diversos continentes, se busca entender las dinámicas y relaciones subyacentes que determinan cómo estos elementos impactan el índice de innovación. Los hallazgos de esta investigación pueden ofrecer valiosas perspectivas para los formuladores de políticas y líderes empresariales, subrayando la necesidad de un enfoque integral que considere tanto los determinantes directos como los indirectos de la capacidad innovadora.

Este informe proporciona una base teórica y empírica que puede guiar a los formuladores de políticas y líderes empresariales en la creación de estrategias más efectivas para fomentar la innovación. Los componentes del informe incluyen una revisión de la literatura, el análisis de datos recolectados, la metodología empleada, los resultados obtenidos y las conclusiones. Esta estructura permite comprender de manera óptima cómo los factores estudiados afectan la capacidad innovadora de las naciones y ofrece recomendaciones para mejorar el entorno innovador a nivel global.

Marco teórico

La innovación es considerada como el pilar más importante para el desarrollo, el progreso y la evolución de la humanidad, el ministerio de ciencia tecnología e innovación colombiano la define como “Producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ellos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad y

que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o usado por la unidad (proceso)” (Minciencias).

La importancia de la innovación ha sido resaltada por diversos expertos, como ya se mencionó anteriormente Joseph Schumpeter quien es considerado como uno de los padres de la teoría del desarrollo económico, manifestó que la innovación es el motor del crecimiento económico, y que, con ella, los seres humanos podremos aumentar la productividad, mejorar el nivel de vida, aumentar la competitividad y la resolución de problemas sociales (Schumpeter, 1934).

Otro concepto clave propuesto por Joseph Schumpeter es el de la "destrucción creativa". Este proceso describe cómo las innovaciones no solo generan crecimiento económico, sino que también transforman radicalmente las estructuras existentes, desplazando tecnologías y modelos de negocio obsoletos para dar lugar a nuevos y más eficientes. Según Schumpeter, la destrucción creativa es fundamental para el dinamismo económico, ya que impulsa la renovación constante del tejido productivo y fomenta la competitividad. Este ciclo de creación y destrucción es esencial para el progreso económico a largo plazo, permitiendo la aparición de nuevas industrias y la mejora continua de los productos y servicios. La destrucción creativa, por tanto, no solo es un resultado inevitable de la innovación, sino una condición necesaria para el avance económico sostenido (Schumpeter, 1934).

La innovación ha sido ampliamente reconocida como un motor clave para el liderazgo y el progreso económico, una idea que ha sido compartida por influyentes empresarios como Steve Jobs y Elon Musk. Steve Jobs, cofundador de Apple, ha afirmado en diversas conferencias que “la innovación es lo que distingue a un líder de los demás” . Para Jobs, la

capacidad de innovar no solo diferenciaba a los líderes visionarios de sus competidores, sino que también era esencial para crear productos que transformaran industrias y mejoraran la vida de las personas. Por su parte, Elon Musk, fundador de Tesla y SpaceX, ha subrayado en múltiples ocasiones cómo la innovación puede abordar algunos de los problemas más apremiantes del mundo, como la contaminación y la pobreza. Musk ha declarado que "la innovación radical es necesaria para resolver problemas críticos de sostenibilidad y para mejorar la calidad de vida". A través de sus empresas, Musk ha demostrado cómo la innovación en tecnologías como los vehículos eléctricos y la energía solar puede reducir la dependencia de combustibles fósiles y contribuir a un futuro más sostenible y equitativo. Estas perspectivas refuerzan la idea de que la innovación no solo impulsa el éxito empresarial, sino que también tiene el potencial de generar soluciones efectivas a problemas sociales complejos.

Diversos expertos han sido explícitos en la importancia de la ayuda gubernamental para un mejor desarrollo de la innovación, tal es el caso de la economista Mariana Mazzucato, quien en su libro "El Estado emprendedor" manifiesta que para que los países sean más innovadores, es esencial que el estado incentive la creatividad, a través de agencias gubernamentales, universidades o programas públicos ofrezca alternativas de financiación y apoyo a la investigación y el desarrollo.(Mazzucato, 2013), un ejemplo que Mazzucato implementó en su libro fue el caso del programa espacial APOLLO de la NASA, con el cual el gobierno estadounidense invirtió miles de millones de dólares, además de generar más de 4 millones de empleos en estados unidos se desarrollaron muchos avances en tecnología, como el desarrollo de cohetes Saturno V, el traje espacial Apolo, el módulo lunar Apolo, entre otros, lo que culminó con la primera visita del hombre a la Luna, Mazzucato manifiesta que

sin la ayuda del gobierno estadounidense, muy probablemente no se hubieran desarrollado esas tecnologías, y muy probablemente no se estaría estudiando el universo más a profundidad.

Metodología

Datos

Se realiza un proceso de recolección de datos en el banco mundial, para lo cual se tomaron estadísticas de las siguientes variables para el año 2021:

- Tasa de mortalidad bruta por cada 1000 habitantes.
- Contaminación del aire por PM2,5, exposición anual media (microgramos por metro cúbico).
- Esperanza de vida al nacer, total (años).
- Índice de innovación

La tasa de mortalidad bruta es definida como la proporción de fallecimientos en una comunidad durante un período específico, generalmente un año, en relación con la población promedio expuesta al riesgo durante ese mismo lapso (DANE 2012).

Los PM2,5 o La materia particulada, son diminutas partículas suspendidas en el aire con un diámetro de 2.5 micrómetros o menos, aproximadamente una diezmilésima parte de una pulgada, incluso más delgadas que un cabello humano. Este tipo de materia es uno de los seis principales contaminantes atmosféricos identificados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. La materia particulada 2.5 puede ser una combinación de

sustancias químicas orgánicas, polvo, hollín y metales, provenientes de diversas fuentes como vehículos, industrias, quema de madera y otras actividades humanas. (OEHHA, 2024).

La esperanza de vida es definida como Es el promedio de años que se estima que una persona vivirá desde su nacimiento, basado en las tasas de mortalidad observadas durante un período específico. (DANE,2019).

El Índice mundial de la innovación es una medida utilizada para evaluar y comparar el estado de la innovación en diferentes países, se deriva de la combinación de los índices de recursos para la innovación y los resultados de la innovación. Por otro lado, el índice de eficiencia de la innovación se obtiene al dividir el subíndice de resultados entre el subíndice de recursos. (OMPI, 2011). Esta variable se seleccionó como variable de dependiente la calificación del índice de innovación de cada país incluido, con el fin de contrastar la relación entre a tasa de innovación y las variables ya mencionadas.

Se tomó una muestra de 10 países de los diversos continentes de América, Europa, Asia y África, estos países se seleccionaron por ser los países de interés en el estudio.

Modelos econométricos

Los modelos econométricos son definidos por Damodar Gujarati y Michael Porter como “representaciones simplificadas de relaciones económicas entre variables, expresadas mediante fórmulas matemáticas y estadística”. Su objetivo principal es explicar, predecir y comprender el comportamiento de variables económicas como el consumo, la inversión, la inflación o el crecimiento económico. Estos modelos permiten analizar la relación causal entre variables, realizar pronósticos sobre el comportamiento futuro y diseñar políticas

económicas, simulando su impacto en las variables económicas. (Gujarati, D. N., & Porter, D. C, 2009)

La elasticidad es definida cómo la variación porcentual entre la variable dependiente en respuesta a un cambio porcentual en alguna variable independiente o determinante. (Mankiw, 2012)., de igual manera, el impacto marginal es definido en forma análoga a la elasticidad, pero en unidades y no en porcentaje. (Mankiw, 2012). Se entiende que valores mayores a uno, en términos de elasticidad, representan relaciones elásticas y valores menores a uno relaciones inelásticas en las variables de interés.

El estudio planteado pretende medir la relación teórica planteada entre las variables propuestas mediante la estimación de elasticidades e impactos. De acuerdo, a la teoría econométrica se trabajaron los modelos que se muestran en la tabla 1:

Tabla 1.

Formulación de los Modelos Econométricos.

Modelo	Ecuación de regresión	Formula elástica	Formula de impacto marginal
Modelo lineal (Lin-Lin)	$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$	$\eta = \frac{\hat{\beta}_1 \bar{X}}{\bar{Y}}$	$Y' = \hat{\beta}_1$
Modelo Lin-Log	$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \ln X_i$	$\eta = \frac{\hat{\beta}_1}{\bar{Y}}$	$Y' = \frac{\hat{\beta}_1}{\bar{X}}$
Modelo Log-Lin	$\ln \hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$	$\eta = \hat{\beta}_1 \bar{X}.$	$Y' = \hat{\beta}_1 \bar{Y}.$
Modelo Log-Log	$\ln \hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \ln X_i$	$\eta = \hat{\beta}_1.$	$Y' = \frac{\hat{\beta}_1 \bar{Y}}{\bar{X}}.$

Modelo Reciproco	$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \frac{1}{X_i}$	$\eta = \frac{-\hat{\beta}_1}{\bar{X}\bar{Y}}$	$Y' = \frac{-\hat{\beta}_1}{\bar{X}^2}$
Modelo Exponencial Inverso (Log-reciproco)	$\ln \hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \frac{1}{X_i}$	$\eta = \frac{-\hat{\beta}_1}{\bar{X}}$	$Y' = \frac{-\hat{\beta}_1 \bar{Y}}{\bar{X}^2}$

donde:

- η representa la elasticidad, que mide la sensibilidad de una variable (cantidad demandada o ofrecida) ante cambios en otra variable (sus determinantes).
- $\hat{\beta}_1$ es el coeficiente del pendiente estimado en el modelo, que indica cómo cambia la variable dependiente (Y) cuando la variable independiente (X) cambia en una unidad.
- $\hat{\beta}_0$ es el término constante estimado en el modelo, que representa el valor esperado de la variable dependiente cuando todas las variables independientes son iguales a cero.
- $\bar{X}$ denota el promedio de las observaciones de la variable independiente en el modelo.
- $\bar{Y}$ indica el promedio de las observaciones de la variable dependiente en el modelo.
- Y' representa el impacto marginal, es decir, el cambio adicional en la variable dependiente debido a un cambio adicional en la variable independiente.

Tomado de Mankiw, N. G. (2012). *Principles of economics* (6 Edition).

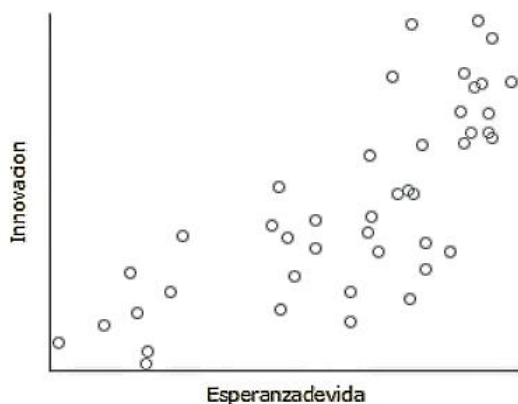
Resultados

Tras la implementación de modelos econométricos mediante la regresión lineal, se obtuvieron el intercepto y el coeficiente de determinación r^2 , los cuales fueron directamente derivados de la regresión. Adicionalmente, se calcularon la elasticidad y el impacto marginal. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada modelo, ordenados por continente según la variable dependiente.

Esperanza de vida

Figura 1.

Gráfico de dispersión – Esperanza de Vida e Índice de innovación.



Esperanza de vida de la innovación.

Tabla 2

Esperanza de vida de la innovación.

Continente	Modelo	Intercepto	Impacto marginal	r2	Elasticidad
América	Lin-Lin	2,83	2,83	0,13766345	6,900833368
	Lin-log	-932,39	2,84	0,13742006	6,925120142
	Log-Lin	-3,13	2,68	0,17571272	6,523907375
	Log-Log	-25,15	2,69	0,17601068	6,553473846
	Reciproco	997,88	0,69	0,1373141	1,688225187
	Log reciproco	31,99	0,66	0,17615596	1,598369118
Europa	Lin-Lin	-126,00	2,14	0,45293301	3,739745085
	Lin-log	-687,36	2,09	0,44991511	3,637221942
	Log-Lin	-0,18	2,29	0,55213514	3,991881492
	Log-Log	-13,23	2,23	0,549976	3,886411861
	Reciproco	769,73	0,49	0,44828877	0,859968584
	Log reciproco	20,63	0,00	0,54870803	0,919323675
África	Lin-Lin	-39,79	0,93	0,3138943	2,983727589
	Lin-log	-236,06	0,95	0,31772721	3,066262953
	Log-Lin	-0,08	0,93982	0,26864241	3,020449303
	Log-Log	-9,97	0,96	0,27118001	3,100480302
	Reciproco	-236,06	-0,01	0,2719983	-0,047561082
	Log reciproco	16,00	0,26	0,2719983	0,843276961
Asia	Lin-Lin	-120,36	2,13	0,70788064	3,82937054
	Lin-log	-668,09	2,14	0,71079796	3,853892113
	Log-Lin	-0,39	2,27	0,61523819	4,088327279
	Log-Log	-14,17	2,29	0,62022848	4,121141467
	Reciproco	755,31	0,53	0,71181103	0,949506074
	Log reciproco	21,63	0,57	0,62223136	1,016097763

En la tabla 2 se estima la elasticidad esperanza de vida de la innovación y el impacto marginal homónimo, como se observa en el cuadro 1, los mejores modelos de elasticidad e impacto marginal para cada continente fueron:

- América: modelo **log recíproco**, con un R^2 del 17,61%.

- Europa: modelo **Log-Lin**, con un R^2 del 55,21%.
- África: modelo **Lin-log**, con un R^2 del 31,77%.
- Asia: modelo **recíproco**, con un R^2 del 71,18%.

Siendo Asia el único continente inelástico, ya que cuenta con una elasticidad del 0,9495 y un impacto marginal de 0,53, lo que quiere decir que por una variación del 1% en la esperanza de vida de las personas, el índice de innovación de los países de Asia tendrá una variación del 0,94% y por cada año que se aumente en la esperanza de vida de los asiáticos, su índice de innovación lo hará en 0,53 puntos.

Tasa bruta de mortalidad

Figura 2.

Gráfico de dispersión – Esperanza de Vida y Tasa de Mortalidad.

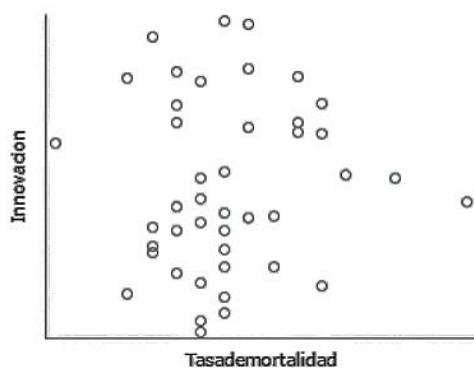


Tabla 3.

Mortalidad de la innovación.

Continente	Modelo	Intercepto	Impacto marginal	R2	Elasticidad
América	Lin-Lin	-12,13	5,64	0,26759968	1,37931488
	Lin-log	-48,7607942	5,07	0,24472225	1,23857641
	Log-Lin	2,08	5,37	0,33241591	1,314230
	Log-Log	0,92	4,95	0,32787496	1,21122955
	Reciproco	102,42	2,33	0,21935099	0,56886295
	Log reciproco	5,60	2,34	0,31863523	0,60343233
Europa	Lin-Lin	79,91	-2,65	0,71011109	0,15362113
	Lin-log	137,23	-2,82	0,75573862	-0,78549362
	Log-Lin	4,57	-2,71	0,77583564	-0,75533504
	Log-Log	0,80	-2,85	0,79990767	-0,79378895
	Reciproco	-47,62	-1,43	0,77699807	-0,39880213
	Log reciproco	1,78	-1,43	0,80228872	-0,39874832
África	Lin-Lin	20,57	-0,06	-0,12462693	-0,02549171
	Lin-log	24,65	-0,24	-0,11836012	-0,1054859
	Log-Lin	2,90	0,09	-0,12420845	0,03969043
	Log-Log	3,05	-0,12	-0,12356411	-0,05243446
	Reciproco	12,08	-0,21	-0,1032578	0,00135918
	Log reciproco	2,63	-0,17	-0,11333106	-0,07411378
Asia	Lin-Lin	49,06	-0,88	-0,08936689	-0,15325239
	Lin-log	51,69	-0,65	-0,09100959	-0,11247413
	Log-Lin	3,88	-1,03	-0,0867994	-0,1796964
	Log-Log	3,97	-0,83	-0,0818215	-0,14355956
	Reciproco	40,04	-0,08	-0,11484907	-0,01346224
	Log reciproco	3,60	-0,12	-0,10439688	-0,02171975

En la tabla 3 se estima la elasticidad mortalidad de la innovación y el impacto marginal homónimo, como se observa en el cuadro 1, los mejores modelos de elasticidad e impacto marginal para cada continente fueron:

- América: modelo **Log-Lin**, con un R^2 del 33,24%.
- Europa: modelo **log recíproco**, con un R^2 del 80,22%.
- África: modelo **recíproco**, con un R^2 del -10,24%.

- Asia: modelo **log recíproco**, con un R^2 del -10,43%.

Siendo américa el único continente considerado como elástico (elasticidad del 1,31 e impacto marginal del 5,37)., lo que significa que, por cada variación porcentual en la tasa de mortalidad, se obtendrá una variación del 1,31% en la innovación de los países americanos, y que, por cada muerte anual en el continente, se habrá aumentado un 5,37 en la calificación de innovación en américa.

por tanto, en el continente América el aumento de la tasa de mortalidad se refleja en índices crecientes de innovación lo cual no se observa en los otros continentes. Es necesario revisar los factores que permiten el aprovechamiento de la tasa de mortalidad en América en temas de innovación.

Contaminación del aire por PM2,5

Figura 3.

Gráfico de dispersión – Innovación y Contaminaciones.

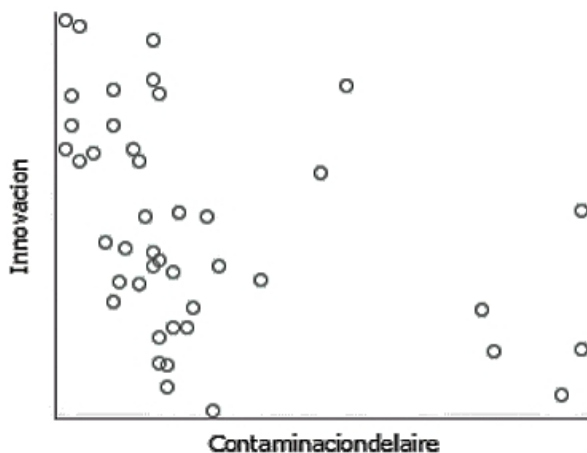


Tabla 4.

Contaminación de la innovación.

Continente	Modelo	Intercepto	Impacto marginal	r ²	Elasticidad
América	Lin-Lin	65,30	-2,09	0,60091304	-1,04242446
	Lin-log	114,13	-1,91	0,70685068	-0,95111968
	Log-Lin	4,30	-1,83	0,58880267	-0,90995753
	Log-Log	5,60	-1,65	0,67238715	-0,81957611
	Recíproco	-41,45	-0,77	0,67238715	-0,38097881
	Log recíproco	1,43	-0,65	0,70848462	-0,32519539
Europa	Lin-Lin	58,63	-0,87	0,15242229	-0,27482109
	Lin-log	77,60	-1,93	0,21909418	-0,60825798
	Log-Lin	0,14	-0,84	0,13850632	-0,26412628
	Log-Log	0,19	-0,90	0,19267476	-0,2503004
	Recíproco	16,73	-0,35	0,27800903	-0,11104753
	Log recíproco	3,22	-0,33	0,23778295	-0,10389907
África	Lin-Lin	22,32	-0,04	-0,1063532	-0,07706596
	Lin-log	22,32	-0,02	-0,12239117	-0,03162934
	Log-Lin	3,01	-0,03	-0,11220747	-0,06823073
	Log-Log	3,03	-0,06	-0,1235646	-0,02507814
	Recíproco	20,13	0,00	-0,12499784	0,00030505
	Log recíproco	2,96	0,00	-0,12495483	0,00148991
Asia	Lin-Lin	51,54	-0,24	0,12008552	-0,21161289
	Lin-log	72,98	-0,24	0,08451205	-0,20932586
	Log-Lin	3,95	-0,29	0,15985677	-0,25835713
	Log-Log	4,55	-1,44	0,10803812	-0,25000907
	Recíproco	11,64	-0,07	0,07001775	-0,06411552
	Log recíproco	2,84	-0,09	0,08409577	-0,07518352

En la tabla 4, se estima la elasticidad contaminación de la innovación y el impacto marginal homónimo, como se observa en el cuadro 1, los mejores modelos de elasticidad e impacto marginal para cada continente fueron:

- América: modelo **Log recíproco**, con un R^2 del 70,84%
- Europa: modelo **recíproco**, con un R^2 del 27,80%
- África: modelo **Lin-Lin**, con un R^2 del -10,63%

- Asia: modelo **log-Lin**, con un R^2 del 15,98%

En esta categoría, evidenciamos que ningún continente es considerado como elástico, lo que quiere decir que la contaminación por aire por PM_{2,5} (materia particulada) no es un factor que afecte positivamente en la innovación de los países del mundo.

Por ejemplo, tomamos a Asia, quien obtuvo un impacto marginal del -0,29 y una elasticidad del -0,25, lo que quiere decir que, por cada variación porcentual de la contaminación atmosférica, en Asia el índice de innovación disminuirá un 0,25% respectivamente, y por cada metro cuadrado contaminado por materias particuladas, la calificación de innovación en los países asiáticos disminuirá un 0,29.

Conclusiones

Elasticidad esperanza de vida de la innovación

- A pesar de que Asia es el único continente que presenta inelasticidad y con valor positivo, lo que sugiere un impacto pequeño y positivo de la esperanza de vida en el índice de innovación de los países de la muestra.
- Europa muestra elasticidad del 3,99 y un impacto marginal del 2,29, siendo los mayores de la muestra, lo que demuestra un impacto fuerte y positivo de la esperanza de vida de los países europeos en el índice de innovación de cada uno de ellos.
- América y África presentan elasticidad positiva con valores entre 2 y 3 de acuerdo con los modelos con mayor bondad de ajuste

Los tres puntos anteriores muestran que la elasticidad esperanza de vida de la innovación siempre es positiva y es inelástica solamente en el continente asiático, lo que

implica que la esperanza de vida juega un papel fundamental en los incrementos de la innovación.

Elasticidad mortalidad de la innovación

- Europa es el continente que registró valores de elasticidad y de impacto marginal más bajos y negativos. Estos valores oscilan entre -0,39 y a -1,43 respectivamente, lo que sugiere que en Europa la tasa bruta de mortalidad genera un impacto negativo en el índice de innovación de sus países.
- En contraste con otros continentes, América es el único donde se encuentra una relación elástica entre la innovación y la tasa de mortalidad, la cual es de 5,37. Esto significa que un aumento en la tasa de mortalidad se refleja en un aumento proporcional en los índices de innovación en los países americanos.
- En el caso de los continentes de Asia y África se obtuvo resultados inelásticos y negativos.

De acuerdo a las tres conclusiones anteriores se observa que la elasticidad de tasa bruta de mortalidad de la innovación es inelástica y negativa en todos los continentes a excepción de América lo que implica que la tasa de mortalidad constituye un freno o entorpece la innovación de los países.

Elasticidad contaminación del aire de la innovación

- Los modelos de elasticidad e impacto marginal revelan que la contaminación del aire por PM2,5 no está asociada positivamente con la innovación en ningún continente. Esto sugiere que, en general, la presencia de altos niveles de contaminación atmosférica no estimula la capacidad innovadora de los países.

Discusión

De acuerdo a los hallazgos obtenidos en este trabajo, se puede afirmar que la esperanza de vida elevada fomenta la innovación, postura coherente con lo planteado por Bloom & Cannin , quienes argumentan que el aumento de la esperanza de vida en la población incentiva mayores inversiones en educación y formación profesional, dado que las personas anticipan carreras más largas para recuperar esas inversiones. Igualmente afirman que la longevidad proporciona estabilidad demográfica, permitiendo una planificación a largo plazo esencial para proyectos innovadores complejos. Además, una población más educada y saludable es más capaz de generar y adoptar innovaciones tecnológicas. (Bloom & Cannin 2000),

Por otro lado, críticos como Robert Gordon sostienen que la esperanza de vida, aunque importante, no es un determinante directo de la innovación. Factores como el acceso a capital, infraestructura tecnológica y políticas gubernamentales de apoyo a la investigación y desarrollo tienen un impacto más inmediato (Gordon, R. J. 2016). Daron Acemoglu y James Robinson en *Why Nations Fail* argumentan que la calidad de las instituciones políticas y económicas es más importante para el desarrollo de la innovación que la esperanza de vida. La situación en Asia ilustra esta perspectiva, ya que según un informe presentado por la UNESCO en 2021 sobre ciencia e innovación se evidencia que, a pesar de una alta esperanza de vida en muchos países, la falta de inversiones suficientes en I+D, la calidad variable de las instituciones educativas y de investigación, y las barreras regulatorias limitan el impacto de la longevidad en la innovación. Este contexto subraya que, sin un entorno favorable, incluso una población longeva puede enfrentar desafíos significativos para traducir esa longevidad en avances innovadores.

En relación con la elasticidad Tasa bruta de mortalidad de la innovación, podemos observar que su impacto es generalmente negativo, Según Bloom y Canning en *The Health and Wealth of Nations*, una alta tasa de mortalidad desincentiva la inversión en educación y formación profesional, ya que las personas y las familias enfrentan una mayor incertidumbre sobre la duración de la vida productiva. (Bloom, D. E., & Canning, D. 2000) Esto reduce el capital humano disponible para actividades innovadoras y limita la capacidad de las naciones para desarrollar y adoptar nuevas tecnologías. Además, la alta mortalidad también puede desviar recursos hacia necesidades inmediatas de salud y seguridad, en lugar de invertir en investigación y desarrollo (I+D), lo que disminuye la capacidad de un país para innovar.

Por otro lado, en América, y particularmente en América Latina, se observa una tendencia peculiar donde la tasa de mortalidad parece tener una relación positiva con la innovación. Esto se puede explicar por varios factores contextuales específicos de la región. Según el informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) *Innovación y tecnología en salud en América Latina y el Caribe*, la alta tasa de mortalidad en ciertas áreas ha impulsado la innovación en los sectores de salud y tecnología, al crear una urgencia y una demanda por soluciones innovadoras. Empresas y emprendedores han respondido desarrollando tecnologías médicas, servicios de telemedicina y soluciones digitales que abordan directamente los desafíos de salud pública. Además, la alta mortalidad ha incentivado políticas gubernamentales y la inversión en I+D orientadas a mejorar la salud pública, creando un ecosistema donde la necesidad impulsa la innovación. Por lo tanto, en América, la alta mortalidad ha catalizado un enfoque en innovaciones prácticas y aplicadas, resultando en una paradoja donde la adversidad fomenta la creatividad y la invención.

En cuanto a la innovación Contaminación de la innovación, se pudo evidenciar que el modelo fue inelástico negativo en todos los continentes, esto se puede respaldar bajo estudios como el de Graff Zivin y Neidell sobre el impacto de la contaminación en la producción de los trabajadores, allí se evidencia que la exposición a contaminantes del aire disminuye la capacidad cognitiva y el rendimiento laboral, afectando negativamente tanto a trabajadores como a estudiantes, lo cual limita la generación de ideas innovadoras. Además, la contaminación incrementa los costos de atención médica y de limpieza ambiental, desviando recursos que podrían haberse destinado a la investigación y desarrollo (I+D). (Graff Zivin, J. S., & Neidell, M. 2012) Esto es particularmente perjudicial en países en desarrollo, donde los fondos son ya escasos y la contaminación exacerba la pobreza y la desigualdad, como señalan Tietenberg y Lewis en *Environmental Economics and Policy*.

A pesar de la evidencia presentada, el debate sigue abierto, la elasticidad innovación de la esperanza de vida, aunque asociada a mayores inversiones en educación y capacidad innovadora, muestra una relación compleja mediada por factores económicos y culturales, especialmente en Asia. La tasa de mortalidad generalmente parece inhibir la innovación al desincentivar la inversión en capital humano, aunque en América Latina ha impulsado innovaciones en salud debido a la urgencia de abordar problemas críticos. La contaminación, por su parte, claramente reduce la productividad y desvía recursos esenciales para la investigación y desarrollo, limitando la capacidad innovadora de las naciones. Sin embargo, estos factores interactúan de maneras diversas y contextuales, sugiriendo que se necesita más investigación para comprender plenamente sus dinámicas y encontrar soluciones efectivas que promuevan la innovación globalmente.

Referencias

- OEHHA PM2.5 (2024) <https://oehha.ca.gov/calenviroscreen/indicator/pm25>
- Schumpeter, J. A. (1947). *Capitalismo, socialismo y democracia*. Aguilar.
- Drucker, Peter F. (1985.) *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles*. Butterworth-Heinemann.
- Porter, Michael E. (1985.) *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2024). Innovación <https://minciencias.gov.co/glosario/innovacion>
- Porter, M. E. (1990). *La ventaja competitiva de las naciones: Creación y sostenimiento del éxito superior*
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into the fundamentals of economic change*.
- Mazzucato, M. (2013). *El Estado emprendedor*
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2012). Glosario de términos para el Sistemas de Registro Civil y Estadísticas Vitales <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/glosario.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2019). DANE celebra Día Mundial de la Población [https://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=853&Itemid=28&phpMyAdmin=3om27vamm65hhkhrtgc8rrn2g4#:~:text=La%20esperanza%20de%20vida%20\(que,a%C3%B1os%20m%C3%A1s%20que%20los%20hombr es.](https://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=853&Itemid=28&phpMyAdmin=3om27vamm65hhkhrtgc8rrn2g4#:~:text=La%20esperanza%20de%20vida%20(que,a%C3%B1os%20m%C3%A1s%20que%20los%20hombr es.)
- Mankiw, N. G. (2012). *Principles of economics* (6 Edition).
- Gordon, R. J. (2016). *The rise and fall of American growth: The U.S. standard of living since the Civil War*. Princeton University Press.
- Unesco (2021). Asia central <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377469/PDF/377469eng.pdf.multi>
- Acemoglu, D., & Robinson, J. A. (2012). *Por qué fracasan los países: Los orígenes del poder, la prosperidad y la pobreza*. Taurus.
- Bloom, D. E., & Canning, D. (2000). The health and wealth of nations. *Science*, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.287.5456.1207>
- Banco interamericano de desarrollo (2024) . INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA EN SALUD EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

<https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Innovacion-y-tecnologia-en-salud-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>

J. Graff and M. Neidell (2012). The Impact of Pollution on Worker Productivity
https://economics.harvard.edu/files/economics/files/2015_2-20_matt_neidell_1-paper_impact_of_pollution_on_worker_productivity.pdf

L Lewis, T Tietenberg (1994) Environmental Economics and Policy

Robert J. Gordon (2016) The Rise and Fall of American Growth

Schumpeter, J. A. (1934). Teoría del desenvolvimiento económico: una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic Econometrics