

# Pronóstico de las tasas de supervivencia de infantes y de la expectativa de vida en los países de América Latina: 2016-2019

## Forecasting infant survival rates and life expectancy in Latin American countries: 2016-2019

Karol Cervantes De La Torre <sup>1\*</sup>, Adel Mendoza Mendoza <sup>2</sup>, Enrique De La Hoz Domínguez <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Libre, Barranquilla, Colombia.

<sup>2</sup> Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia.

\*Dirigir correspondencia a: [adelmendoza@uniatlantico.edu.co](mailto:adelmendoza@uniatlantico.edu.co)

### Proceso Editorial

Recibido: 02 02 2020

Aceptado: 01 12 2022

Publicado: 06 03 2023

DOI 10.17081/innosa.161

©Copyright 2023.  
Cervantes<sup>1</sup> et al.



### RESUMEN

**Introducción:** En los últimos años, la tasa de supervivencia de infantes (neonatales y menores de 5 años) como la expectativa de vida se ha incrementado a nivel mundial, estos niveles han ido en aumento casi de forma lineal con respecto al gasto que realizan los países en los sistemas de salud.

**Métodos:** Investigación de tipo descriptiva retrospectiva de indicadores de salud. Se realiza una predicción de las tasas de supervivencia de infantes y expectativa de vida al nacer en 19 países de América Latina mediante la utilización de modelos clásicos de regresión polinómica para el periodo 2016-2019. Utilizamos los datos de 2000 a 2015 de los repositorios de datos de la Organización Mundial de la Salud y del Banco Mundial.

**Resultados:** Los resultados de la investigación muestran que los modelos desarrollados un valor promedio de  $R^2$  de 0,9963 para la Tasa de supervivencia de neonatales, de 0,9965 para la Tasa de supervivencia de niños hasta 5 años y de 0,9599 para la Expectativa de vida, así mismo se encontraron valores muy bajos del error porcentual absoluto medio (MAPE) lo que indica un buen ajuste de los modelos.

**Conclusión:** Los modelos propuestos pueden ser utilizados por los diferentes países de la región ya que el ajuste de los modelos es muy bueno por lo cual los resultados obtenidos pueden servir como base para los diferentes procesos de planificación social y económica de un país.

**Palabras clave:** Pronóstico, Tasa de supervivencia infantil, Expectativa de vida

### ABSTRACT

**Background:** In recent years, the survival rate of infants (neonatal and under-five) as well as life expectancy has increased globally, these levels have been increasing almost in a linear fashion with respect to countries' spending on health systems.

**Methods:** Retrospective descriptive research on health indicators. A prediction of infant survival rates and life expectancy at birth is made in 19 Latin American countries using classic polynomial regression models for the period 2016-2019. We used data from 2000 to 2015 from the World Health Organization and World Bank data repositories.

**Results:** The research results show that the models developed have an average  $R^2$  value of 0.9963 for Neonatal Survival Rate, 0.9965 for Survival Rate of children up to 5 years and 0.9599 for Life Expectancy, as well as very low values of the mean absolute percentage error (MAPE) indicating a good fit of the models.

**Conclusion:** The proposed models can be used by the different countries of the region since the adjustment of the models is very good and the results obtained can serve as a basis for the different social and economic planning processes of a country.

**Keywords:** Forecasting, Infant survival rates, Life expectancy

## I. INTRODUCCIÓN

La expectativa de vida se define como la duración en años promedio de vida esperada de acuerdo con las tasas de mortalidad por edad de una población determinada durante uno o varios años (1). Las tasas de mortalidad se definen como el número de muertes que se producen en un determinado período por cada 1.000 nacidos vivos, de manera similar se puede definir las tasas de supervivencia infantil como el número de niños que llegan a una determinada edad por cada 1000 nacidos vivos (2). A nivel mundial las tasas de supervivencia infantil y la expectativa de vida ha ido en aumento en los últimos años lo que refleja el desarrollo socioeconómico de los diferentes países y a medida que estos indicadores han ido aumentando, su mejora anual ha disminuido gradualmente (3).

El pronóstico de la expectativa de vida y de las tasas de supervivencia infantil desempeñan un papel muy importante en el desarrollo de las políticas económicas, como son los gastos en salud de cualquier país, el mejoramiento de estos indicadores (expectativa de vida y tasa de supervivencia infantil) genera una gran presión sobre el gasto público en salud lo que se podría subsanar con un incremento en el gasto privado pero esto a su vez genera un problema de equidad ya que los países que tienen mayor potencial de gasto en salud tienen por lo general menor ingreso per cápita (4), por lo anterior las proyecciones de estos indicadores son necesarias para la planificación de los diferentes servicios sociales que se ofrecen y de un tema económico bastante complejo como son las pensiones (5). La importancia de modelar las tasas de mortalidad infantil y expectativa de vida ha sido ampliamente reconocida por los investigadores y profesionales, ya que a partir de estos modelos predictivos se puede realizar una mejor planificación e inversiones en salud y servicios sociales (6). Por lo anterior el objetivo de este trabajo es el de realizar un modelo de pronóstico de las tasas de supervivencia infantil y expectativa de vida en los países de América Latina para el periodo 2016-2019.

Los métodos para realizar pronósticos se pueden clasificar en dos grandes grupos: cualitativos y cuantitativos, los modelos cualitativos basan sus predicciones en opiniones de expertos, los modelos cuantitativos utilizan la información histórica mediante análisis de series de tiempo (7), entendiendo que una serie de tiempo es una secuencia ordenada de valores los cuales se registran a intervalos iguales de tiempo una vez organizados los datos se obtiene una estructura y patrón para posteriormente a través de un modelo matemático hacer predicciones futuras (8). Existen varias aplicaciones de modelos de pronóstico en lo referente a expectativa de vida y mortalidad infantil (9 -13).

## II. MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo, utilizando una perspectiva de tipo cuantitativo correspondiente al período 2000-2015 en América Latina, para obtener una predicción de las tasas de supervivencia infantil (neonatos y menores de 5 años) y expectativa de vida para los años 2016-2019 de 19 países de la región. Se tomó información primaria del Observatorio Mundial de la Salud de la OMS. La muestra la conformaron: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Para la recolección de la información se realizó la búsqueda de los datos en el repositorio del Observatorio Mundial de la Salud de la OMS valor da cada uno de los indicadores correspondiente para cada año y para cada país. Las tasas de supervivencia se determinaron con los valores de las tasas de mortalidad infantil, que mide la probabilidad de que un niño muera antes de un año o antes de cinco años. Estos tres indicadores (tasas de supervivencia infantil y expectativa de vida) se seleccionaron debido a que estos están relacionados con la cantidad y eficiencia del gasto público y privado en salud. (4, 14). Se analizó de manera gráfica para cada país el comportamiento de cada uno de los indicadores, se observó que para todos los países los datos del año 2002 estos indicadores muestran un valor atípico, pero de forma general se notó un patrón con tendencia ascendente a lo largo del tiempo, en las figuras 1, 2 y 3 se muestran los indicadores para Brasil, durante el periodo 2000-2015. Para verificar la normalidad del conjunto de datos se utilizó la prueba de Shapiro-Wilks, en la cual se obtuvo un valor de 0.548 y 0.727 para la tasa de supervivencia neonatal y de menores de cinco años por cada cien mil habitantes respectivamente.

**Figura 1.** Tasa de supervivencia de neonatales. Brasil, 2000-2015.



Fuente: elaboración propia/ Organización Mundial de la Salud

**Figura 2.** Tasa de supervivencia de niños menores de 5 años. Brasil, 2000-2015.



Fuente: elaboración propia/ Organización Mundial de la Salud

**Figura 3.** Expectativa de vida. Brasil, 2000-2015.



Fuente: elaboración propia/ Organización Mundial de la Salud

Una inspección visual nos reveló que este comportamiento se puede ajustar a una ecuación de orden polinómica superior como herramienta de modelación, de la siguiente manera:

$$\hat{Y} = a + bT + cT^2 + dT^3 + eT^4 \quad (1)$$

En esta ecuación  $Y$  representa el indicador respectivo observado en el año  $T$  mientras que  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  son los coeficientes de regresión del modelo, este modelo da una respuesta curvilínea flexible que es fácil de manejar como un caso especial del modelo de regresión lineal general conocido como regresión polinomial. Se realizaron los ajustes de los polinomios para cada uno de los indicadores para cada país utilizando como método de optimización el mayor valor del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y los valores mínimos de error cuadrado medio (MSE), error porcentual medio absoluto (MAPE) entre los valores predichos y los observados (15, 16), para un nivel de confiabilidad de 95% para la predicción de los valores en el periodo 2016-2019. El procesamiento de los datos se realizó mediante el optimizador Solver de Excel.

### III. RESULTADOS

En la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 se muestran las ecuaciones de los diferentes polinomios que se ajustan a cada uno de los indicadores para cada uno de los países. En todos los modelos el valor del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue cercano a uno, lo cual muestra una alta fiabilidad de los modelos para realizar las predicciones. El grado del polinomio fue dos o superior a dos en todos los casos.

**Tabla 1.** Modelo y proyecciones de Tasas de supervivencia neonatal por cada 1000 nacidos.

País	Ecuación del modelo	Valores pronosticados				$r^2$
		2016	2017	2018	2019	
Argentina	$\hat{Y} = -37829,625 + 38,3425T - 0,00947T^2$	993,86	994,03	994,17	994,30	0,9986
Bolivia	$\hat{Y} = -142862,5 + 142,34658T - 0,03522T^2$	980,77	981,09	981,34	981,52	0,9996

País	Ecuación del modelo	Valores pronosticados				r <sup>2</sup>
		2016	2017	2018	2019	
Brasil	$\hat{Y} = -29891902,1 + 44,4177T^2 - 0,029472T^3 + 0,0000055T^4$	991,90	992,60	992,90	992,70	0,9968
Chile	$\hat{Y} = 42195,6875 - 41,04841T - 0,010224T^2$	995,22	995,40	995,61	995,83	0,9887
Colombia	$\hat{Y} = -14964,2524 + 15,5511T - 0,00378T^2$	991,78	992,05	992,32	992,58	0,9995
Costa Rica	$\hat{Y} = -0,000003 + 4,4522T^2 - 0,002953T^3 + 0,00000055T^4$	993,97	994,18	994,44	994,78	0,9919
Ecuador	$\hat{Y} = -6676,94 + 0,005497T^2 - 0,0000018T^3$	989,57	989,89	990,20	990,50	0,9999
El Salvador	$\hat{Y} = 12664,05 - 11,8988T - 0,00303T^2$	992,02	992,34	992,67	993,01	0,9971
Guatemala	$\hat{Y} = 19968,8641 - 19,3428T - 0,004924T^2$	987,15	987,67	988,20	988,73	0,9991
Honduras	$\hat{Y} = -55107,381 + 55,31667T - 0,013636T^2$	989,35	989,67	989,96	990,23	0,9987
Jamaica	$\hat{Y} = 43204,491 - 42,3221T + 0,01061T^2$	988,84	989,29	989,77	990,26	0,9987
México	$\hat{Y} = -37829,625 + 38,3425T - 0,00947T^2$	993,50	994,06	994,69	995,39	0,9907
Nicaragua	$\hat{Y} = -42757,351 + 43,0821T - 0,01061T^2$	990,46	990,77	991,05	991,32	0,9988
Panamá	$\hat{Y} = 55357,95 - 54,4585T + 0,01364T^2$	991,31	991,85	992,41	993,01	0,9908
Paraguay	$\hat{Y} = -18260,92 + 18,7124T - 0,004545T^2$	989,43	989,81	990,19	990,55	0,9992
Perú	$\hat{Y} = -19773,372 + 20,2276T - 0,004924T^2$	992,19	992,56	992,92	993,27	0,9992
Rep. Dom.	$\hat{Y} = 133697,537 - 132,269015T - 0,03295T^2$	978,91	979,55	980,25	981,02	0,9981
Uruguay	$\hat{Y} = -7052,62 + 7,8101T - 0,03295T^2$	995,04	995,21	995,38	995,54	0,9861
Venezuela	$\hat{Y} = 87319,46 - 86,02143T + 0,02143T^2$	991,46	991,86	992,30	992,79	0,9991

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2.** Modelo y proyecciones de Tasas de supervivencia menores de 5 años por cada 1000 nacidos.

País	Ecuación del modelo	Valores pronosticados				r <sup>2</sup>
		2016	2017	2018	2019	
Argentina	$\hat{Y} = -7519,125 + 8,03663T - 0,001893T^2$	987,84	988,24	988,63	989,03	0,9959
Bolivia	$\hat{Y} = -283384,625 + 280,79773T - 0,069322T^2$	963,10	964,32	965,41	966,36	0,9966
Brasil	$\hat{Y} = -408711,875 + 407,12238T - 0,10114T^2$	982,93	982,15	981,16	979,98	0,9986
Chile	$\hat{Y} = 39067,875 - 37,9716T + 0,009467T^2$	992,18	992,39	992,61	992,86	0,9876
Colombia	$\hat{Y} = -32280,8125 + 32,5318T - 0,007952T^2$	984,51	984,97	985,42	985,85	0,9996
Costa Rica	$\hat{Y} = 31490 - 30,40217T + 0,007576T^2$	990,49	990,64	990,81	990,99	0,9726
Ecuador	$\hat{Y} = -20425,1875 + 20,5413T - 0,004923T^2$	979,15	979,84	980,52	981,19	0,9999
El Salvador	$\hat{Y} = -13782,94 + 113,4191T - 0,028021T^2$	983,63	984,03	984,39	984,68	0,9997
Guatemala	$\hat{Y} = -129997,563 + 129,09004T - 0,031808T^2$	971,71	972,52	973,26	973,94	0,9998
Honduras	$\hat{Y} = -140256 + 139,552002T - 0,034471T^2$	980,27	980,80	981,26	981,65	0,9999
Jamaica	$\hat{Y} = 53693,625 - 52,8641T + 0,013253T^2$	984,82	985,40	986,02	986,66	0,9995
México	$\hat{Y} = 71637,625 - 70,9372T - 0,017804T^2$	987,82	988,68	989,58	990,52	0,9982
Nicaragua	$\hat{Y} = -118729,25 + 118,16022T - 0,0291574T^2$	978,48	979,05	979,56	980,01	0,9999

País	Ecuación del modelo	Valores pronosticados				r <sup>2</sup>
		2016	2017	2018	2019	
Panamá	$\hat{Y} = -26220,687 + 26,47186T - 0,006437T^2$	983,60	984,11	984,61	985,09	0,9995
Paraguay	$\hat{Y} = -60293,313 + 60,1769T - 0,014773T^2$	980,10	980,70	981,26	981,80	0,9999
Perú	$\hat{Y} = -180172,813 + 179,20917T - 0,04432T^2$	983,64	984,11	984,48	984,77	0,9999
Rep. Dom.	$\hat{Y} = 7479,1875 - 7,0461T + 0,001893T^2$	969,55	970,14	970,74	971,33	0,9999
Uruguay	$\hat{Y} = 46127,187 - 45,2994T + 0,011364T^2$	990,45	990,98	991,53	992,11	0,9973
Venezuela	$\hat{Y} = 20167,187 - 19,4921T + 0,004924T^2$	985,45	985,82	986,20	986,59	0,9898

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3. Modelo y proyecciones de Expectativa de vida**

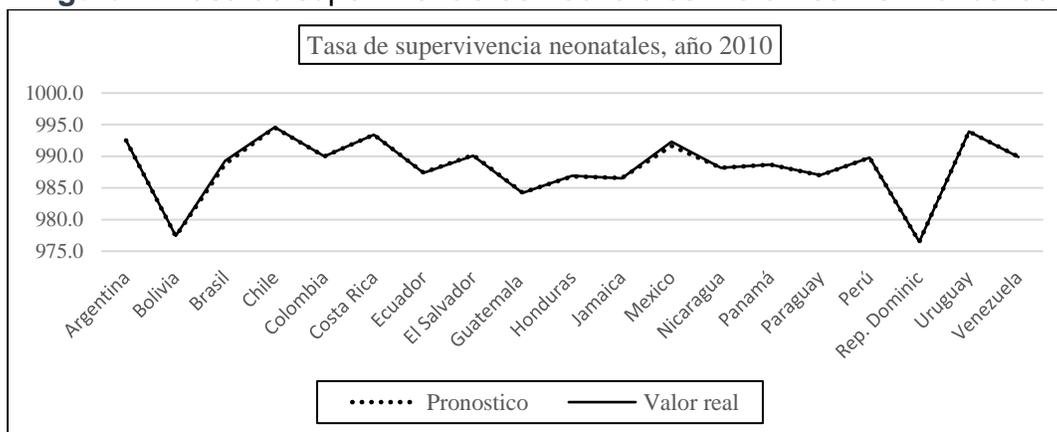
País	Ecuación del modelo	Valores pronosticados				r <sup>2</sup>
		2016	2017	2018	2019	
Argentina	$\hat{Y} = 22301,825 - 22,2845T + 0,005585T^2$	77,03	77,27	77,53	77,79	0,9000
Bolivia	$\hat{Y} = -112865,379 + 121,7901T - 0,03016T^2$	71,38	71,52	71,60	71,62	0,9900
Brasil	$\hat{Y} = 18353,709 - 18,4563T + 0,00466T^2$	75,23	75,56	75,90	76,24	0,9746
Chile	$\hat{Y} = 67393,812 - 0,04992T^2 + 0,0000165T^3$	80,13	80,65	81,27	82,00	0,9858
Colombia	$\hat{Y} = 1224,187 - 1,3521T - 0,000388T^2$	75,10	75,32	75,53	75,74	0,9336
Costa Rica	$\hat{Y} = -186633,75 + 185,409T - 0,04603T^2$	79,29	79,06	78,75	78,34	0,9753
Ecuador	$\hat{Y} = 685,595 - 0,79129T + 0,0002427T^2$	76,55	76,73	76,92	77,11	0,9655
El Salvador	$\hat{Y} = -56479,451 + 55,9657T - 0,013846T^2$	73,55	73,67	73,77	73,84	0,9850
Guatemala	$\hat{Y} = -21556,2031 + 21,1929T - 0,00519T^2$	73,09	73,35	73,60	73,84	0,9333
Honduras	$\hat{Y} = -23280,363 + 23,5533T - 0,00580T^2$	75,11	75,25	75,39	75,51	0,9822
Jamaica	$\hat{Y} = -55614,3278 - 55,1627T - 0,013266T^2$	75,88	75,96	76,00	76,02	0,9906
México	$\hat{Y} = -121986,123 + 0,09032T^2 - 0,0000299T^3$	75,70	75,16	74,43	73,53	0,9401
Nicaragua	$\hat{Y} = -66604,2673 + 66,012T - 0,01634T^2$	75,31	75,44	75,52	75,58	0,9867
Panamá	$\hat{Y} = 15043,744 - 15,0585T + 0,003787T^2$	78,12	78,34	78,56	78,79	0,9241
Paraguay	$\hat{Y} = -61994,949 + 61,5453T - 0,01526T^2$	74,08	74,10	74,08	74,04	0,9913
Perú	$\hat{Y} = -32591,7194 + 32,26687T - 0,00797T^2$	75,72	75,85	75,97	76,07	0,9819
Rep. Dom.	$\hat{Y} = -57991,041 + 57,48034T - 0,014225T^2$	73,29	73,40	73,48	73,53	0,9836
Uruguay	$\hat{Y} = 143736,616 - 0,10651T^2 + 0,0000352T^3$	78,33	79,38	80,64	82,12	0,9753
Venezuela	$\hat{Y} = 8562580,34 - 12,7069T^2 + 0,008426T^3 - 0,00000157T^4$	73,71	73,42	72,98	72,35	0,8393

Fuente: elaboración propia.

Las estimaciones de los diferentes polinomios se desarrollaron mediante un modelo matemático de programación lineal para minimizar el error cuadrado medio (MSE) y maximizar el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) esto bajo la plataforma Solver de Excel. Como puede observarse, la proporción de la varianza explicada por el modelo polinómico es de al menos 0,8393 para los indicadores estudiados, con un promedio de 0,9963 para la Tasa de

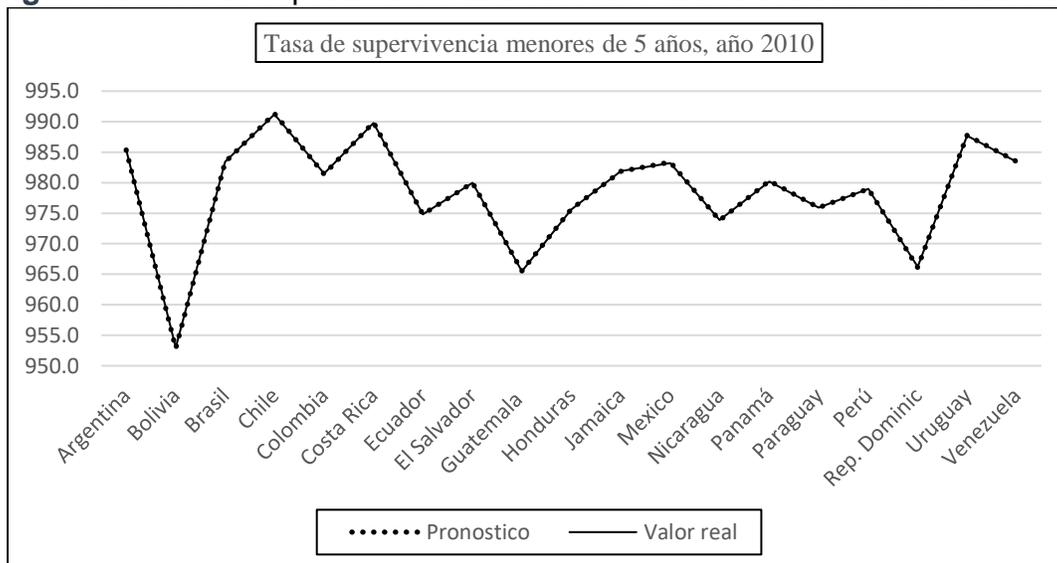
supervivencia de neonatales, un promedio de 0,9965 para la Tasa de supervivencia de niños hasta 5 años y un promedio de 0,9599 para la Expectativa de vida. Para evaluar el rendimiento de los modelos desarrollados observamos la diferencia entre los valores pronosticados por el modelo y los valores reales para cada uno de los tres indicadores, en este caso se tomó la información real del año 2010 y se comparó con los pronósticos como se muestra en las figuras 4, 5 y 6. Es importante señalar que en el modelo algunos países presentan pendientes negativas, esto se conceptualiza desde una perspectiva biológica como el estado base del nivel de supervivencia, por lo tanto países como Bolivia precisan de un mejor desempeño futuro de sus planes médico a futuro para garantizar una mejora global en los resultados de supervivencia.

**Figura 4.** Tasa de supervivencia de neonatales. Valor real vs Pronóstico

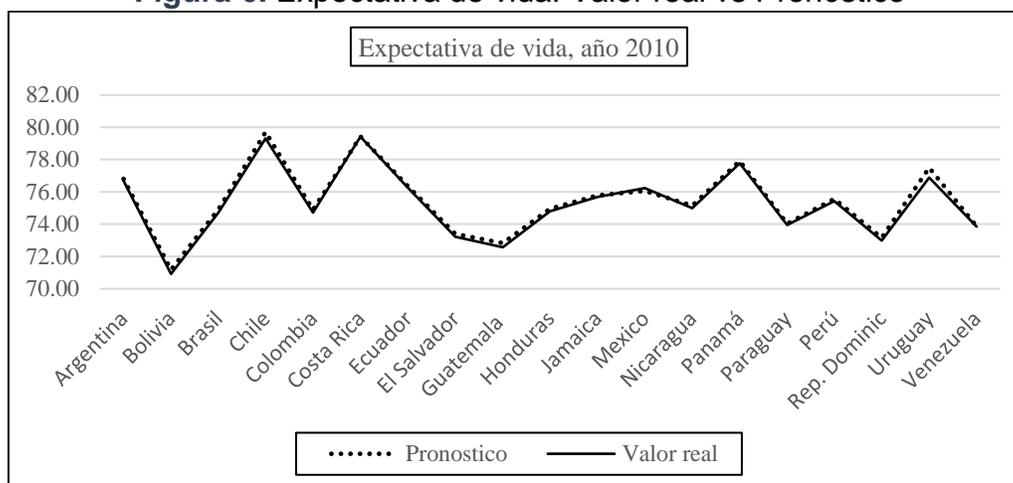


Fuente: elaboración propia.

**Figura 5.** Tasa de supervivencia menores de 5 años. Valor real vs Pronóstico



Fuente: elaboración propia.

**Figura 6. Expectativa de vida. Valor real vs Pronóstico**

Fuente: elaboración propia.

Se consideraron dos medidas de rendimiento: el error absoluto medio (MAE) y el error porcentual absoluto medio (MAPE) que es una de las medidas más utilizadas de la exactitud de los pronósticos, debido a sus ventajas de independencia de escala y facilidad de interpretación (17).

**Tabla 4. Error absoluto medio y Error porcentual absoluto medio**

País	Tasa superv. Neonatal		Tasa superv. 5 años		Expectativa de vida	
	MAE	MAPE	MAE	MAPE	MAE	MAPE
Argentina	0,042	0,004%	0,308	0,031%	0,242	0,324%
Bolivia	0,726	0,075%	1,268	0,136%	0,503	0,774%
Brasil	0,743	0,075%	0,054	0,006%	0,328	0,461%
Chile	0,099	0,010%	0,428	0,043%	2,212	2,850%
Colombia	0,053	0,005%	0,065	0,007%	0,229	0,316%
Costa Rica	0,193	0,019%	0,526	0,053%	2,004	2,569%
Ecuador	0,053	0,005%	0,179	0,019%	0,206	0,279%
El Salvador	0,344	0,035%	0,333	0,034%	0,169	0,242%
Guatemala	0,209	0,021%	0,138	0,014%	0,222	0,315%
Honduras	0,359	0,036%	0,086	0,009%	0,077	0,106%
Jamaica	0,228	0,023%	0,176	0,018%	0,263	0,360%
México	0,987	0,100%	0,686	0,070%	3,905	5,211%
Nicaragua	0,060	0,006%	0,653	0,067%	0,142	0,199%
Panamá	0,256	0,026%	0,112	0,011%	0,113	0,147%
Paraguay	0,052	0,005%	0,033	0,003%	0,277	0,387%
Perú	0,110	0,011%	0,383	0,040%	0,062	0,084%
Rep. Dom.	0,262	0,027%	0,333	0,035%	0,350	0,499%
Uruguay	0,145	0,015%	0,390	0,040%	4,048	5,389%
Venezuela	0,554	0,056%	0,566	0,058%	0,924	1,279%

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4, se muestra que el error porcentual absoluto medio (MAPE) es bastante pequeño para los tres indicadores con valores menores del 0,2% para las tasas de supervivencia infantil (neonatal y 5 años) y de 0,084% a 5,39% para la expectativa de vida. El alto  $R^2$  y el valor pequeño del MAPE indican que los modelos desarrollados en el presente estudio se ajustan bien a los datos reales evaluados.

El enfoque propuesto en este artículo para desarrollar modelos de pronóstico para las Tasas de supervivencia infantil y Expectativa de vida es coherente con otros estudios relacionados con predicciones en el área de la salud pública (18, 19). Los modelos propuestos pueden ser utilizados por los diferentes países de la región ya que el ajuste de los modelos es muy bueno por lo cual los resultados obtenidos pueden servir como base para los diferentes procesos de planificación social y económica de un país.

Los resultados obtenidos con los modelos de predicción son bastante confiables, debido al alto  $R^2$  y bajo valor del MAPE, estos resultados tendrían implicaciones en los sistemas de seguridad social de los países de la región ya que con el aumento de Esperanza de vida y Tasas de supervivencia infantil los diferentes ministerios de hacienda deben proyectar nuevas maneras de financiación en el corto y mediano plazo.

**Contribución de los autores:** KCDT, AMM y EDHD: Conceptualización, metodología, software, análisis formal y curación de datos, investigación, escritura: preparación del borrador original, escritura: revisión y edición, visualización, supervisión. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

**Fondos:** Esta investigación no recibió fondos externos.

**Conflictos de intereses:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

1. López AD Adair T. Slower increase in life expectancy in Australia than in other high-income countries: the contributions of age and cause of death. *Med J Aust.* 2019; 210(9): 403-409. DOI: [10.5694/mja2.50144](https://doi.org/10.5694/mja2.50144)
2. González RM, Gilleskie D. Infant mortality rate as a measure of a country's health: a robust method to improve reliability and comparability. *Demography.* 2017; 54(2): 701-720. DOI: [10.1007/s13524-017-0553-7](https://doi.org/10.1007/s13524-017-0553-7)
3. Alho JM. Forecasting life expectancy: A statistical look at model choice and use of auxiliary series. In: *Old and new perspectives on mortality forecasting.* Cham: Springer; 2019. p.185-195
4. Linden M, Ray D. Life expectancy effects of public and private health expenditures in OECD countries 1970–2012: Panel time series approach. *Economic Analysis and Policy.* 2017; 56. 101-113. DOI: [10.1016/j.eap.2017.06.005](https://doi.org/10.1016/j.eap.2017.06.005)
5. Kostis V, Bennett JE, Mathers CD, Li G, Foreman K, Ezzati M. Future life expectancy in 35 industrialized countries: projections with a Bayesian model ensemble. *The Lancet.* 2017; 389(10076), 1323-1335. DOI: [10.1016/S0140-6736\(16\)32381-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)32381-9)

6. Wong CH, Tsui AK. Forecasting life expectancy: Evidence from a new survival function. *Insurance: Mathematics and Economics*, 2015; 65. 208-226. DOI: [10.1016/j.insmatheco.2015.08.006](https://doi.org/10.1016/j.insmatheco.2015.08.006)
7. Arvan M, Fahimnia B, Reisi M, Siemsen E. Integrating human judgement into quantitative forecasting methods: A review. *Omega*, 2019; 86. 237-252. DOI: [10.1016/j.omega.2018.07.012](https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.07.012)
8. Deb C, Zhang F, Yang J, Lee SE, Shah KW. A review on time series forecasting techniques for building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017; 74. 902-924. DOI: [10.1016/j.rser.2017.02.085](https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.085)
9. Rosén M. Forecasting life expectancy and mortality in Sweden—some comments on methodological problems and potential approaches. In *Old and New Perspectives on Mortality Forecasting*. Cham: Springer; 2019. p. 261-269.
10. Zafeiris KN. A Method for the Forecasting of Mortality. In *Demography and Health Issues*. Springer, Cham; 2018. p. 71-82
11. Rabbi AMF, Mazzucco S. Mortality and life expectancy forecast for (comparatively) high mortality countries. *Genus*. 2018; 74(1), 18. DOI: [10.1186/s41118-018-0042-x](https://doi.org/10.1186/s41118-018-0042-x)
12. Shang HL. Mortality and life expectancy forecasting for a group of populations in developed countries: A robust multilevel functional data method. In *Recent Advances in Robust Statistics: Theory and Applications*. New Delhi: Springer; 2016. p. 169-184.
13. Torri T, Vaupel JW. Forecasting life expectancy in an international context. *Int J Forecast*. 2012; 28(2), 519-531. DOI: [10.1016/j.ijforecast.2011.01.009](https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2011.01.009)
14. Akinlo AE, Sulola AO. Health care expenditure and infant mortality in sub-Saharan Africa. *J Policy Model*. 2019; 41(1), 168-178.
15. Luo L, Luo L, Zhang X, He X. Hospital daily outpatient visits forecasting using a combinatorial model based on ARIMA and SES models. *BMC Health Serv Res*. 2017; 17(1), 469. DOI: [10.1186/s12913-017-2407-9](https://doi.org/10.1186/s12913-017-2407-9)
16. Villani M, Earnest A, Nanayakkara N, Smith K, De Courten B, Zoungas S. Time series modelling to forecast prehospital EMS demand for diabetic emergencies. *BMC Health Serv Res*. 2017; 17(1), 332. DOI: [10.1186/s12913-017-2280-6](https://doi.org/10.1186/s12913-017-2280-6)
17. Kim S, Kim H. A new metric of absolute percentage error for intermittent demand forecasts. *Int J Forecast*. 2016; 32(3), 669-679. DOI: [10.1016/j.ijforecast.2015.12.003](https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2015.12.003)
18. Lee R. Mortality forecasts and linear life expectancy trends. In: *Old and New Perspectives on Mortality Forecasting*. Cham: Springer; 2019. p. 167-183
19. Ketenci N, Murthy VN. Some determinants of life expectancy in the United States: Results from cointegration tests under structural breaks. *J Econ Finan*. 2018; 42(3), 508-525. DOI: [10.1007/s12197-017-9401-2](https://doi.org/10.1007/s12197-017-9401-2)