

Crecimiento económico y Salud: Un Análisis para Sur América y México 2000-2014

Karen Lizeth Jaimes Villamizar

John Hamer Ortiz Cabulo

Trabajo de grado presentado para obtener el título de economista

Director

Jorge Luis Navarro España

Economista. MSC.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía y Administración

Bucaramanga

2018

Dedicatoria

A, Ana Cabulo, Eddy Bayardo Ortiz, “Lis”, mi abuelita Isabel, y Cuna.

John Ortiz.

A mi madre, Belcy Villamizar, por ser una “guerrera” todos los días.

Karen Jaimes

Agradecimientos

A mis padres por su apoyo incondicional

A mi abuelita Isabel y mi hermana

A mi tía Zandra, Liana y mi tío Jorge

A mi abuelo Bayardo

A mis primos y demás familiares que me apoyaron

A mis amigos y amigas por los buenos momentos vividos.

John Hamer Ortiz Cabulo

En primer lugar, a Dios

A Orlando Jaimes, Belcy Villamizar, Wendy Jaimes y Julieth Pedraza por ser mi apoyo incondicional

A Gabriel Rincon por sus palabras de ánimo

A mis familiares y amigos que siempre estuvieron para apoyarme

A Johana Rojas y Amparo Martínez por ser ángeles en mi vida.

Karen Lizeth Jaimes Villamizar

Al profesor Jorge Navarro, al profesor Carlos Mantilla por su tiempo y su apoyo fundamental en este trabajo.

Karen Jaimes-John Ortiz

Contenido

| | Pág. |
|---|-------------|
| Introducción | 15 |
| 1. Descripción Del Problema | 16 |
| 2 Antecedentes | 19 |
| 3 Justificación | 24 |
| 4 Objetivos | 25 |
| 4.1 General | 25 |
| 4.2 Específicos | 25 |
| 5 Marco teórico | 26 |
| 5.1 Base teórica crecimiento económico | 26 |
| 5.2 Base teórica salud y crecimiento económico | 27 |
| 6. Metodología | 29 |
| 7. Descripción, estimación y análisis de resultados | 31 |
| 7.1 Esperanza de vida | 32 |
| 7.2 Mortalidad neonatal y mortalidad en menores de 5 años | 34 |
| 7.3 Fertilidad | 37 |
| 7.4 Prevalencia de desnutrición | 39 |
| 7.5 Modelo de efectos mixtos | 41 |
| 7.5.1 Métodos para estimación | 42 |

| | |
|--|----|
| 7.5.1.1 Estructura REML | 43 |
| 7.5.2 Estimación del modelo de efectos mixtos con variables de salud | 46 |
| 7.5.2.1 Análisis efecto aleatorio..... | 49 |
| 7.5.2.2 Análisis efectos fijos..... | 51 |
| 7.5.3 Descripción de las variables sociales y Estimación del modelo mixto de efectos mixtos... | 53 |
| 7.5.3.1 Indicadores sociales | 53 |
| 7.5.3.1.1 Años promedio de escolaridad..... | 54 |
| 7.5.3.1.2 Índice de Desarrollo Humano | 55 |
| 7.5.3.2 Modelo de efecto mixtos con variables sociales..... | 56 |
| 7.5.3.2.1 Estimación del modelo de efectos mixtos con variables sociales..... | 57 |
| 8. Conclusiones | 61 |
| 9. Recomendaciones | 62 |
| Referencias Bibliográficas | 64 |
| Apéndices..... | 72 |

Lista de Figuras

| | Pág. |
|--|-------------|
| <i>Figura 1:</i> Esperanza de vida en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014. | 34 |
| <i>Figura 2:</i> Tasa de mortalidad neonatal (por cada 1000 nacidos vivos) para los países suramericanos y México en los años 2000 y 2014. | 36 |
| <i>Figura 3:</i> Tasa de mortalidad en menores países de 5 años (por cada 1000) para los suramericanos y México en los años 2000 y 2014. Elaboración propia con datos tomados del Banco Mundial..... | 36 |
| <i>Figura 4</i> Tasa de fertilidad total en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014..... | 38 |
| <i>Figura 5</i> Prevalencia de desnutrición (% de la población) en los países suramericanos y México para los años 2000, 2005 y 2014..... | 40 |
| <i>Figura 6.</i> Modelo de efectos mixtos. Extraído del estadístico R versión 3.5.1. | 47 |
| <i>Figura 7.</i> Prueba de normalidad. Extraído del estadístico R versión 3.5.1. | 48 |
| <i>Figura 8.</i> Efectos aleatorios. Extraído del estadístico R versión 3.5.1. | 49 |
| <i>Figura 9.</i> Adaptada de: Estadístico R versión 3.5. 1. Modificada por autores. | 50 |
| <i>Figura 10:</i> Años promedio de escolaridad en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014..... | 55 |
| <i>Figura 11:</i> Índice desarrollo humano en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014..... | 56 |

| | |
|--|----|
| <i>Figura 12.</i> Modelo de efectos mixtos. Extraído del estadístico R versión 3.5.1. | 58 |
| <i>Figura 13.</i> Modelo de efectos mixtos. Extraído del estadístico R versión 3.5.1. | 59 |
| <i>Figura 14.</i> Prueba de normalidad. Extraído del estadístico R versión 3.5.1. | 60 |

Lista de Tablas

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. <i>Examples of the right-hand-sides of mixed-effects model formulas. The names of grouping factors are denoted g, g1, and g2, and covariates and a priori known offsets as x and o.</i> | 44 |
| Tabla 2. <i>The high-level modular structure of lmer.</i> | 45 |
| Tabla 3. <i>Adaptada de: estadístico R versión 3.5.1. Modificada por autores.</i> | 51 |
| Tabla 4. <i>Efectos fijos (covariables). Extraído del estadístico R versión 3.5.1.</i> | 52 |

Lista de Apéndices

| | Pág. |
|--|-------------|
| Apéndice A: Esperanza de vida en los países suramericanos y México..... | 72 |
| Apéndice B: Tasa de mortalidad neonatal y tasa de mortalidad en menores de 5 años en los países suramericanos y México. | 73 |
| Apéndice C: Tasa de fertilidad total en los países suramericanos y México..... | 74 |
| Apéndice D: Prevalencia de desnutrición (% de la población) en los países suramericanos y México. | 75 |
| Apéndice E: código ejecutado para la estructura modular REML el programa R Project 3.5.1 .. | 76 |
| Apéndice F: Código ejecutado para la estimación modelo de efectos mixtos en el programa r Project. | 78 |
| Apéndice G.: Código para la estimación de los coeficientes del modelo de efectos mixtos (modelmix3) en el programs r project 2.5.1. | 84 |
| Apéndice H: Años promedio de escolaridad en los países suramericanos y México..... | 87 |
| Apéndice I: Índice desarrollo humano en los países suramericanos y México para los años. | 88 |
| Apéndice J: Código para la estimación del modelo de efectos mixtos con variables sociales en el programa r project 3.5.1..... | 89 |
| Apéndice K: Producto interno bruto (precios actuales)..... | 96 |

Resumen

Título: Crecimiento económico y Salud: Un Análisis para Sur América y México 2000-2014*

Autores: Karen Lizeth Jaimes Villamizar
John Hamer Ortiz Cabulo**

Palabras clave. Crecimiento económico, salud, efectos fijos, efectos aleatorios, estimación

Crecimiento económico y Salud: Un Análisis para Sur América y México 2000-2014. El crecimiento económico ha sido uno de los temas de estudio que generan mayor interés, inclusive desde Adam Smith, pasando por distintos intelectuales y estudiosos que generaron teorías y nuevos conocimientos que ahora son abordados para soportar los trabajos empíricos propios de la teoría económica. En este caso utilizamos la teoría recopilada enfocando los estudios y teorías en la importancia de la salud para con el crecimiento económico. Los países de sur América en conjunto con México, con excepción de Guyana, Guyana francesa y Surinam. Basándose en la teoría existe para explicar si la salud está involucrada con el crecimiento económico de un país. El poco compendio de trabajos empíricos recientes que expliquen el fenómeno pues la mayoría de los trabajos son del 2006 hacia atrás. Para aumentar la cantidad de trabajos empíricos se decide realizar este estudio con el fin de que todo el mundo pueda consultar y así enriquecer el conocimiento. El desarrollo de esta investigación se fundamenta en la integración de múltiples variables de características relacionadas con la salud y otros aspectos sociales. Asimismo, para estimar los modelos con las variables, se utilizó la metodología de modelo de efectos mixtos para analizar la integración del efecto aleatorio y los efectos fijo que pudiera tener sobre las estimaciones.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ciencias Humanas, Escuela de Economía y Administración, Director Jorge Luis Navarro España Economista

Abstract

Título: Crecimiento económico y Salud: Un Análisis para Sur América y México 2000-2014*

Autores: Karen Lizeth Jaimes Villamizar
John Hamer Ortiz Cabulo**

Keywords. Economic growth, health, fixed effects, random effects, stimate

Economic Growth and Health: An Analysis for South America and Mexico 2000-2014. Economic growth has been one of the topics of study that generate greater interest, including from Adam Smith, through different intellectuals and scholars who generated theories and new knowledge that are now addressed to support the empirical work of economic theory. In this case we use the theory collected focusing studies and theories on the importance of health for economic growth. The countries of South America together with Mexico, with the exception of Guyana, French Guyana and Suriname. Based on the theory, it exists to explain whether health is involved with the economic growth of a country. The little compendium of recent empirical works that explain the phenomenon since most of the works are from 2006 backwards. To increase the amount of empirical work it is decided to carry out this study in order that everyone can consult and thus enrich the knowledge. The development of this research is based on the integration of multiple variables of characteristics related to health and other social aspects. Likewise, to estimate the models with the variables, the mixed-effects model methodology was used to analyze the integration of the random effect and the fixed effects it could have on the estimates.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ciencias Humanas, Escuela de Economía y Administración, Director Jorge Luis Navarro España Economista

Introducción

"la salud y la fortaleza física, espiritual y moral, son la base de la base de la riqueza social; al mismo tiempo, la importancia fundamental de la riqueza material radica en que, si se administra sabiamente, aumenta la salud y la fortaleza física, espiritual y moral del género humano".

Alfred Marshall

La relación entre crecimiento económico y salud tomo fuerza en el mundo entero a partir del informe del banco mundial en el año 1993 Invertir en Salud. Este auspició toda clase intervenciones discursivas como también trabajos empíricos y teóricos, explicando la relación de doble dirección del crecimiento económico y salud. Los estudios desarrollados tuvieron en cuenta distintas variables dando énfasis a la salud como un pilar de la teoría del capital humano para la productividad y el aumento del ingreso de los países.

Es necesario abordar la situación política, económica y social para entender los resultados que se esperan obtener. referenciando las condiciones de salud particulares de cada país. Esta situación es muy variable en américa latina, contrario a lo que pasa con los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), debido a los distintos cambios políticos y reformas económicas como es el caso de Venezuela, Bolivia entre otros. Por ende, los procesos económicos y sociales pueden tener influencia directa sobre la salud y el crecimiento económico.

En este orden de ideas, con la realización de este trabajo se tiene como objetivo general estimar el impacto de la salud sobre el crecimiento económico de los países de América del Sur y México entre los años 2000 – 2014, Teniendo en cuenta la variables demográficas y socioeconómicas y en la parte con variables sociales de los respectivos países.

A partir de esto, se plantea realización un modelo econométrico de efectos mixtos. En cual se contará con datos recopilados de fuentes importantes como el Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y El Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo (PNUD). que brindaran las variables cuantitativas para la elaboración de la muestra. Las regiones elegidas a analizar serán 10 países suramericanos: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay, Venezuela y uno centroamericano: México, En el periodo 2000 – 2014.

Por último, se estructura un modelo econométrico para medir el impacto en el crecimiento económico de los países, utilizando las variables mencionadas como componente explicativo. Usando el programa R Project aprovechando su amplia capacidad para ejecutar cualquier situación referente a estadística y econometría.

1. Descripción Del Problema

América latina ha sido testigo de cambios sociales y económicos en las últimas décadas. Siendo, una región con una gran volatilidad en términos de crecimiento económico y perfiles de salud entre

su población. Lo cual abordaremos los temas de salud y crecimiento económico de manera agregada, para comprender la situación de la región sudamericana, incluyendo a México.

El crecimiento económico, según la Asobancaria (2016) en los últimos 25 años la tasa de crecimiento promedio alcanzó el 3,5%. Sin embargo, durante estas dos décadas y media sobresalen múltiples eventos de crisis y desaceleración económica. En países más acentuada que en otros (incluidos sur América y México), provocando afectaciones en las políticas sociales haciendo percibir más larga la duración de sus ciclos. Por ejemplo, Colombia, Brasil y Argentina sufrieron importantes retrocesos.

Para la región dista de ser un crecimiento en función de las necesidades de la población. Fajardo (2013) menciona logros en materia de crecimiento económico pero la consecuencia es que no se reflejan en la sociedad y en cambio, *“ha producido más desigualdad y desequilibrios, a pesar de la evidencia de dicho crecimiento, ante tales consecuencias sociales se obliga a tomar conciencia de la necesidad de emprender medidas dirigidas a garantizar el reparto más equitativo de la distribución de la riqueza”* (Fajardo. P 4).

Por tanto, si el crecimiento económico se viera reflejado en la sociedad, esta llevaría una mejor calidad de vida. En los gobiernos resultaría traduciéndose en diseño e implementación de políticas públicas enfocadas al mejoramiento del bienestar de las personas.

Por otra parte, la salud teniendo un carácter multidimensional se convierte en un proceso, alejándose de ser un estado e ir tomando un carácter despreciativo. Convirtiéndose en un proceso para terminar como *“un pilar fundamental de la generación de capacidades y puesta en marcha de funcionamientos esenciales tanto para el individuo como para la propia sociedad* (Muñoz 2011, p 170).

Por otro lado, La Organización Panamericana de la Salud (PAHO) (2012), tiene en cuenta las condiciones de salud y sus factores de riesgo. Pues existen muchas características parecidas entre países de Sudamérica, eso debe a que muchos países comparten historia y cultura común, añadiendo también su vecindad geográfica.

Adicionalmente Muñoz (2011) encuentra grandes diferencias entre países y regiones. Por ejemplo, la esperanza de vida de un niño en Japón o en un país nórdico puede esperar vivir más de 80 años, en Brasil 72, en India 63 y en algún país de África menos de 50 años. Se puede afirmar que en Sudamérica la situación no es muy buena, pues Brasil es de los pocos países ricos pero la expectativa de vida no se equipara con la de Japón.

En América latina la situación es complicada por los problemas de salud preexistentes, tales como las enfermedades infectocontagiosas, el cuidado de la salud materno-infantil y los nuevos perfiles de morbilidad lo cual es problemático (Muñoz, 2011).

Adicionalmente (Gómez, 2013) muestra Las tasas de mortalidad (causada por enfermedades mortales) en Chile y México para el año 2005 las tasas de fueron de 4,8 y 6,1 por cada 1000 habitantes respectivamente ratificando una disminución respecto a años anteriores. En cuanto la tasa de mortalidad infantil para Bolivia en el año 2003 fue de 54, en 1970 era de 144 por cada 1000 habitantes, lo cual es significativo. También debe observarse el gasto en salud como porcentaje del PIB, para el caso de Sudamérica entre el año 2003-2013 hubo un incremento del 0,66% en promedio. Siendo Ecuador el que más tuvo un incremento (2,5%) y en contraposición Venezuela tuvo un decrecimiento de (-1,26%), Colombia está por debajo del promedio.

En vista de que la salud en Sudamérica tiene tantas disparidades o cambios, relacionados en ocasiones por inestabilidad política. Por tanto. la posible correlación entre el crecimiento económico y la salud puede comportarse en forma débil. Es necesario realizar un realizar un

análisis empírico tipificando una dependencia entre las variables. Es decir, que no se deben analizar de forma individual; ya que esto trae pérdida en el poder explicativo de las variables de salud y crecimiento económico. Citado en Saldias (2017), Deaton (2015 analiza conjuntamente la salud y el ingreso, pretendiendo evitar un error usual en la actualidad. Atribuible a la especialización del conocimiento que reduce el campo de explicación de cada disciplina:

“Los economistas se enfocan en el ingreso; los académicos en la salud pública, en la mortalidad y la morbilidad; los demógrafos, en los nacimientos, las muertes y el tamaño de las poblaciones. Todos estos factores contribuyen al bienestar, pero ninguno de ellos es el bienestar. La aseveración es suficientemente obvia, pero los problemas que surgen de ella no lo son tanto.” (Deaton, 2015: 24)

Por consiguiente, Saldias (2017) concluye que es una equivocación analizar la salud aisladamente pero que además se debe incluir la salud como variable influyente en el crecimiento económico de un país.

2 Antecedentes

Al publicarse en el año 1993 el informe *Invirtiendo en salud* por el Banco Mundial, se genera gran interés por parte de los economistas abordar el tema: bidireccionalidad entre la salud y el crecimiento económico. En las investigaciones realizadas a partir de entonces, se encuentran gran variedad de estudios desde nivel local hasta nivel internacional, variando según su enfoque y metodología.

La propuesta más grande en América fue el informe *Invertir en Salud: Beneficios sociales y económicos* publicado en el 2003 por Organización Panamericana de la Salud (OPS), ya que contó con la colaboración el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas y el Banco Mundial (BM). Esta publicación agrupa los informes de tres proyectos de investigación realizados en América Latina y el Caribe; teniendo en cuenta las distintas situaciones económicas y políticas que se presentan en cada país, estos proyectos buscan demostrar que la inversión en salud permite un crecimiento económico, una productividad humana y una reducción de la pobreza¹.

Para el modelo tipo “generaciones traslapadas (OLG)²”, se encontró bastante bibliografía aplicada de carácter empírico. Por la cual se selecciona algunas de las investigaciones más pertinentes para facilitar la presente investigación.

Gil (2010), basándose en Ávila (2009), hace un recuento de algunos trabajos empíricos, donde los investigadores usan la metodología denominada OLG, lo que les permite establecer la correlación entre las variables de estudio (crecimiento económico y salud) según las condiciones específicas de los lugares de estudio.

Gil citando a Ehrlich Isaac y Lui Francis (1991) y Morand (2005), indica que los autores concluyen que los incrementos en la expectativa de vida se asocian a un mayor capital humano de largo plazo, menores tasas de natalidad y mayor crecimiento económico.

¹ Organización Panamericana de la Salud. (2003). *Invertir en salud. Beneficios sociales y económicos*. Disponible en: <<http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/727>>

² Es un tipo de modelo económico caracterizado por una longitud finita de tiempo suficiente que viven los agentes para soportar al menos un período de vida de la próxima generación. Los diferentes modelos comparten varios supuestos: a) agentes con una dotación de bienes al nacer; b) bienes con durabilidad de un solo período; c) dinero para múltiples períodos; d) los individuos deben consumir en todos los periodos y e) su utilidad de por vida es una función del consumo en todos los períodos.

Gil (2009) citando a Tabata (2005) y Zhang y Zhang (2003) que, usando un modelo con expectativa de vida endógena, encontraron una relación no monótona entre salud y crecimiento económico. Los autores establecieron que, los incrementos en la expectativa de vida entendidos como una probabilidad de supervivencia mayor, solo tienen un efecto positivo sobre la tasa de crecimiento, si la expectativa de vida inicial es baja, de lo contrario su efecto es negativo.

Asimismo, Chakraborty (2004) con un modelo con expectativa de vida endógena concluyó que, una mayor inversión en salud promueve el crecimiento económico e incentiva la acumulación de capital humano. Además, Finlay (2006) usando inversión pública y privada en salud, es decir, en capital humano, mediante el modelo tipo OLG; concluyó que, para los individuos con un grado de aversión al riesgo más alto, la inversión en salud es mayor que para los individuos menos adversos, quienes destinan una mayor cantidad de recursos a la educación.

De igual importancia, Temporelli (2011) a través de un modelo econométrico hizo énfasis en la relación de la variable esperanza de vida y crecimiento económico. Encontró como resultado significativo, la existencia de doble causalidad entre ingreso y esperanza de vida. Asimismo, sugiere que aquellas economías subdesarrolladas pueden quedar atrapadas en trampas de pobreza, realimentando un círculo vicioso, ya que, un PIB de bajos ingresos y deficientes condiciones sanitarias perpetúan el atraso económico y sanitario.

Temporelli y Viego (2011) propone la educación como una posible salida aún en situaciones de relativa limitación de recursos, debido a la relación positiva entre salud y educación. La educación al ejercer una influencia positiva sobre el mejoramiento de los niveles de salud contribuye al crecimiento económico. Asimismo, señala la relevancia de las inversiones en formación de capital humano, ya que mejor educación y salud no serían sólo efectos sino causas del crecimiento económico.

Otro trabajo de gran importancia realizado hasta el momento es la tesis doctoral hecha por Monterubbianesi (2012), donde en concordancia con la disponibilidad de datos para 91 países con intervalos temporales cada 5 años en el periodo de 1960-2005, bajo un tratamiento tipo panel; concluye un efecto positivo de la salud sobre el crecimiento económico:

“Nuestro modelo final, que incluye correcciones por autocorrelación y heterocedasticidad, nos indica que la inversión y el gasto público como proporción del PBI resultan significativos para explicar el crecimiento, mientras que las variables institucionales resultan no significativas. Nuestra variable representativa de la salud tiene un efecto positivo y significativo sobre el crecimiento económico”. (Monterubbianesi, p.83)

Los trabajos de Monterubbianesi y Temporelli tienen un valor significativo, por ser los principales investigadores de Latinoamérica en temas de salud y crecimiento económico. Sus investigaciones han permitido dejar más expedito la forma de utilizar los distintos métodos descriptivos y econométricos en función de obtener resultados confiables.

A nivel local cabe resaltar el documento realizado por Gil (2014). Analiza los efectos bidireccionales entre salud y crecimiento económico para algunos departamentos en Colombia, desde el enfoque microeconómico y macroeconómico.

En su enfoque microeconómico utiliza la metodología desarrollada por Becker y Chiswick (1966) y Mincer (1974), obteniendo como resultado la no comprobación de la relación bidireccional entre las variables de salud y productividad para las regiones colombianas, pero sí la unidireccionalidad entre la productividad como variable dependiente en función de la salud como variable independiente. De igual forma los datos le permitieron afirmar que, el tránsito de un estado de salud mal-regular a otro muy bueno-muy bueno, incrementa el salario por hora en promedio un 15%.

Además, encontró una correlación significativa entre las variables gasto en salud, PIB, total de activos, gasto en educación y población económicamente activa, con coeficientes superiores a 0,86. Al contrario halló una baja correlación en gasto de salud, tasa bruta de mortalidad, esperanza de vida y tasa de mortalidad infantil, con coeficientes menores a 0,45 (Gil, 2014, p 81).

En su enfoque macroeconómico, Gil se basa metodológicamente en el modelo de Solow extendido (MRW, 1992) ampliado con la variable salud y considera una función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas. Como resultados encontró, una correlación significativa entre las variables gasto en salud y producto interno bruto.

En síntesis, el autor infiere que las mejores condiciones de salud favorecen el desempeño económico. Es decir, una relación positiva y significativa de manera directa entre las variables referenciadas (esperanza de vida y el crecimiento económico). En otras palabras, que el crecimiento económico resultó positivo en el momento de explicar las condiciones de salud a partir de la esperanza de vida.

Para finalizar, en Colombia, Gil representa los trabajos más importantes relacionados con el crecimiento económico y la salud. Sus investigaciones contienen una robusta recopilación de bibliografía, pero también su último trabajo publicado en 2014 tiene gran valor empírico por las técnicas metodológicas que usó para validar los objetivos propuestos.

3 Justificación

Actualmente, los trabajos realizados por la academia para demostrar la relación entre salud y crecimiento económico han ido quedando desactualizados. Debido a la poca disponibilidad en los datos de los países suramericanos, esta labor se torna difícil; varios países no tienen sus bases de datos actualizadas o no son de fácil acceso para los investigadores, por este motivo, las últimas publicaciones robustas hechas para la región escogida cuentan con datos hasta el año 2005.

La realización de esta investigación se justifica por la necesidad de tener una base teórica, descriptiva y econométrica actualizada para los países de la región. Esta investigación permitirá detectar la relación existente entre la salud y el crecimiento económico, lo que brindará datos fundamentales que ayudarán a los países a orientar la inversión en el sector salud de tal manera que se mejore el impacto en el crecimiento económico. Igualmente, a la hora de diseñar e implementar políticas públicas direccionadas al sector salud, los países contarán con información concluyente actualizada, en relación con los trabajos que hay en el momento para la región.

Además de lo descrito anteriormente, la realización de esta investigación es de vital importancia, ya que sin un trabajo base actualizado es difícil que los gobiernos tomen las decisiones pertinentes para corregir el bajo impacto que tienen las inversiones en salud para el crecimiento económico.

Asimismo, desde una perspectiva científico-social nuestra investigación será de utilidad para estudiantes, profesores e investigadores de las ciencias sociales y de la salud que quieran abordar y profundizar más en este tema.

4 Objetivos

4.1 General

Estimar impacto de la salud sobre el crecimiento económico de los países de América del Sur y México entre los años 2000 – 2014.

4.2 Específicos

- Analizar la evolución de las variables demográficas y socioeconómicas de América del Sur y México en el periodo 2000 – 2014.
- Medir y analizar el impacto que tienen diferentes dimensiones de la salud sobre el crecimiento económico en Suramérica y México para los años 2000 – 2014.
- Medir y analizar el impacto incremental de la salud, respecto a otros aspectos sociales, sobre el crecimiento económico en Suramérica y México para los años 2000 – 2014.

5 Marco teórico

5.1 Base teórica crecimiento económico

En una revisión de la literatura existente sobre crecimiento económico, se encuentra un gran número de autores que han abordado este tema, variando según los aspectos que intervienen en el crecimiento económico.

Es pertinente enunciar los trabajos más importantes y referentes para el crecimiento económico desde un punto de vista histórico. Como lo describe Monterubbianesi (2014), el crecimiento económico tiene como base los trabajos de Solow (1956), Swan (1956) y la versión dinámica de este modelo, representada por los aportes de Ramsey (1928), Koopmans (1965) y Cass (1966). Los modelos de estos autores usan una función de producción con perfecta sustitución de factores y rendimientos marginales decrecientes, en la cual la economía crecerá en términos per cápita a un ritmo decreciente (steady state³).

Ahora bien, también existen teorías más recientes que buscan explicar el crecimiento económico, con modelos donde la tasa de crecimiento es positiva. Los autores que han desarrollado estas ideas son Romer (1986), Lucas (1988), Barro (1990) y Rebelo (1991). Estos modelos también denominados modelos de primera generación, incorporan otras variables entre la que se destaca el capital humano, deduciendo que no solo se debe tener en cuenta el capital físico por ser un concepto más ampliado.

³ A este nivel de producto per cápita se lo denominó producto per cápita de estado estacionario

Posteriormente, otros modelos salen a relucir incorporando la investigación y el desarrollo combinados con rasgos de competencia imperfecta. Entre los autores de estos nuevos modelos se destacan Romer (1987, 1990), Grossman y Helpman (1991) y Aghion y Howitt (1992). La base fundamental de estos modelos son los avances tecnológicos, lo que trae como consecuencia la monopolización de las patentes; esto genera como consecuencia que el crecimiento de cualquier economía siempre tenga comportamiento positivo en el transcurrir del tiempo.

Expuesta la base teórica anterior referente al crecimiento económico en general, se debe aterrizar los estudios teóricos a los que tienen como insumo la salud; uno de los dos componentes fundamentales de las teorías del capital humano.

5.2 Base teórica salud y crecimiento económico

Existen diversas teorías que tratan de explicar el crecimiento económico en los países, pero una de las más interesantes, es la que incluye la salud como factor del crecimiento económico. En el año 1993 el Banco Mundial publicó un informe en el cual considera que: los países donde existen buenas condiciones de salud en la población tienen como consecuencia positiva el crecimiento económico, de igual manera ocurre con la educación. Lo que afirma con este informe el Banco Mundial es que la relación salud-educación y crecimiento económico es de carácter asociado.

Revisando los distintos autores que han investigado la relación de la salud y el crecimiento económico, encontramos que el mayor exponente es Grossman (1972). Este establece que la salud debe entenderse como un bien deseable para propósitos de consumo e inversión. En su modelo Grossman supone que las personas nacen con una dotación inicial de salud, pero que posteriormente se vea depreciando en el tiempo y puede recuperarse con la inversión en salud. En

conclusión, hizo énfasis en el carácter productivo de la salud, proponiendo que un buen estado de salud cataliza un mejor desempeño en el trabajo y el estudio. Además, encontró que los factores de la acumulación del capital salud están compuestos por el nivel de educación, la edad, los salarios, y la demanda de servicios (Gil. 2010).

Grossman representa el punto de partida para la inclusión de la salud como factor del crecimiento económico. Tanto así, que casi todos los estudios posteriores se desarrollaron con base en sus ideas. Como lo fueron las investigaciones realizadas Ehrlich y Lui (1991), Barro (1996), Kalemly- ozkan, Ryder y Weil (2000) y Howitt (2005). Estos autores concluyeron, que un mayor estatus de salud genera menor tasa de depreciación, un mayor horizonte de vida, una mayor inversión en capital humano y por lo tanto, mayor tasa de crecimiento. Así mismo, Barro (1996), Howitt (2005), Van Zon y Muysken (2005) concluyen que un mayor estatus de salud produce mayor productividad y mayor tasa de crecimiento.

Además, Howitt (2005) en un modelo soportado por la teoría Schumpeteriana, no considerando un modelo tipo OLG, concluye que un mayor estatus de salud y mayor capacidad de aprendizaje genera un mayor crecimiento. De igual forma, afirma que a mayor estatus de salud produce menor desigualdad, mayor escolaridad y mayor crecimiento. Por último, afirma que, a mayor estatus de salud, mayor creatividad, mayor crecimiento económico (Monterubbianesi.2014).

Para finalizar, Gil concluye que la estrecha interacción entre la salud y el crecimiento económico interfieren en múltiples canales de influencia. Asevera que el buen estado de salud se convierte en un ítem dinamizador de productividad, crecimiento y bienestar social; por lo que la ausencia de salud refleja el impacto negativo de los procesos productivos y sociales, así como las desigualdades en la distribución de satisfactores.

Si basamos la teoría recolectada en resultados significativos, la información es satisfactoria. Porque la diversidad de estudios y técnicas llevan a concluir de manera satisfactoria los análisis numéricos. No obstante, en esta teoría recopilada los resultados son categóricos a la hora de ratificar la causalidad salud y crecimiento económico.

6. Metodología

La metodología propuesta para la realización de este trabajo, en el que se busca identificar la relación entre salud y crecimiento económico; parte de la recolección de datos en fuentes confiables, tales como:

- El Banco Mundial (BM)
- La Organización Mundial de la Salud (OMS)
- La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

Según a la disponibilidad de datos para las variables escogidas, se trabajará con una muestra de 10 países suramericanos, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay, Venezuela y México -excluyendo a Guyana, Guyana Francesa y Surinam-, para el periodo 2000 – 2014 donde se utilizarán datos anuales.

A partir de los datos recolectados, se realizará un análisis descriptivo de las variables demográficas y socioeconómicas; mediante gráficas y tablas se podrá detallar su comportamiento,

lo que nos dará una visión de lo que pasa en cada uno los países; de esta manera se podrá analizar la evolución que ha tenido cada variable en los diferentes países.

Posteriormente, para la realización del análisis empírico se elaborará un modelo econométrico de efectos mixtos utilizando variables cuantitativas y cualitativas. Debido a las características de los datos, se recomienda la utilización de un modelo de efectos mixtos, ya que esta clase de modelos se pueden estructurar teniendo en cuenta el objeto del estudio, las posibles interacciones que pueda tener un efecto aleatorio o un efecto fijo. (ejemplo: familia, empresa o estado) través del tiempo bajo el criterio de máxima verisimilitud restringido o residual. Así mismo hace frente a algunos problemas típicos asociados con datos económicos, como el sesgo.⁴

El modelo que vamos a estimar en este caso sería (forma matricial):

$$y = X\beta + Z\mathbb{b} + \epsilon$$

Donde

- y es el vector respuesta
- X es una matriz de diseño para los efectos fijos
- B es el vector de efectos fijos
- Z es una matriz de diseño para los efectos aleatorios
- \mathbb{b} es el vector de efectos aleatorios

Variable dependiente

y es Producto Interno Bruto (PIB) en precios actuales⁵

Efectos fijos

β_1 es Gasto en salud como porcentaje del Producto Interno Bruto

⁴ Croissant. Y, Millo G. (2008). “Panel Data Econometrics in R: The plm Package”.

⁵ Ver apéndice K

β_2 es Esperanza de vida al nacer

β_3 es Tasa de fertilidad total

β_4 es Tasa de mortalidad neonatal

β_5 es Tasa de mortalidad en menores de 5 años

β_6 es Prevalencia de desnutrición

β_7 es el país

Efecto aleatorio

\mathbb{b} el es año

ϵ_{it} es el termino de perturbación aleatorio

Existe varios métodos para estimar modelos de efectos mixtos, para este caso usaremos el método Restricted maximum likelihood (REML) , Usando el program R Project con previa instalación de la librería lme4. Pues proporciona mayor confiabilidad en la obtención de las estimaciones.

7. Descripción, estimación y análisis de resultados

Mediante el estudio demográfico, se puede medir, reconocer y analizar las características de la población humana, a partir de datos estadísticos se logra estudiar los comportamientos generales y su evolución. Los indicadores aquí tomados (Esperanza de vida, mortalidad en menores de 5 años, mortalidad neonatal, fertilidad y desnutrición en la población) muestran un cambio en el

comportamiento de la población en los países suramericanos y México entre el 2000 y 2014, a su vez, el cambio que generan en los otros indicadores.

7.1 Esperanza de vida

Según los datos suministrados por el Banco Mundial, una persona en 1960 podía esperar vivir 52 años como promedio a nivel mundial, dependiendo del lugar de nacimiento. Mientras la esperanza de vida en países europeos como: Bélgica y Luxemburgo llegaba a los 70 y 68 años respectivamente; en países del continente africano no sobrepasaba los 35 años, en Angola llegaba a los 33 y en Sierra Leona a 30 años.

Debido a la tecnología desarrollada durante los años de actividad militar -esquemas de ingeniería, antibióticos, insecticidas- se lograron grandes avances en el campo de la medicina y la vacunación contra las epidemias a nivel universal, lo que permitió incrementar la esperanza de controlar algunos males de la humanidad (Gómez & Khoshnood, 1991). Entre 1960 y 1970 surge una gran cantidad de vacunas que buscan combatir algunas de las enfermedades que aquejan la humanidad, en 1964 aparece la primera vacuna contra el sarampión, asimismo, se desarrollan las vacunas contra las paperas, la rubeola, la varicela, la neumonía y la meningitis en los años 64, 70, 74, 77 y 78 respectivamente⁶. Además, en 1980 se declara la erradicación de la viruela a nivel mundial, siendo la primera enfermedad combatida a escala mundial (OMS, 2010).

De esta manera se logró un aumento en la esperanza de vida de 19 años entre el periodo de 1960 y el 2014 a nivel mundial, es decir, una persona en el 2014 podía esperar vivir 71 años como promedio a nivel mundial. A pesar de los avances realizados, persisten grandes diferencias dentro

⁶ Avances tecnológicos en la medicina desde el siglo XX. Consultado en: <https://clinic-cloud.com/blog/avances-tecnologicos-en-la-medicina-desde-el-siglo-xx/>

de los países y entre los países; aunque en los países de África se ha aumentado la esperanza de vida, debido a las mejoras en la supervivencia infantil, los progresos en la lucha contra el paludismo y la ampliación del acceso a los antirretrovíricos para el tratamiento del VIH (OMS, 2016), en Angola no sobrepasa aún los 60 años y en Sierra Leona los 50, por otra parte, los países desarrollados llevan gran ventaja sobre los demás, en Bélgica y Luxemburgo la esperanza de vida llega a los 81 y 82 años respectivamente.

Dado el recuento histórico y la contextualización del tema, es preciso abordar los datos de esperanza de vida para los países de Suramérica y México, en la Figura 1 se muestra la esperanza de vida por países para los años 2000 y 2014. Se puede observar que, Bolivia ha sido el país con la esperanza de vida más baja, con un valor de 60 y 68 años para el 2000 y 2014 respectivamente, encontrándose así, 6 y 3 años por debajo del promedio mundial en el 2000 y 2014.

El resto de los países se encuentra por encima de la esperanza de vida mundial, siendo en Chile la tasa más alta con 76 y 78 años en el 2000 y 2014 respectivamente. Además, se demuestra un crecimiento de la tasa de esperanza de vida en todos los países de la región, siendo en Bolivia donde más aumentado (7.6 años), seguido de Brasil (4.9) y Perú (3.9); por el contrario, Venezuela es el país en el que menos ha aumentado (1.8 años) entre los años 2000 y 2014 (ver apéndice A).

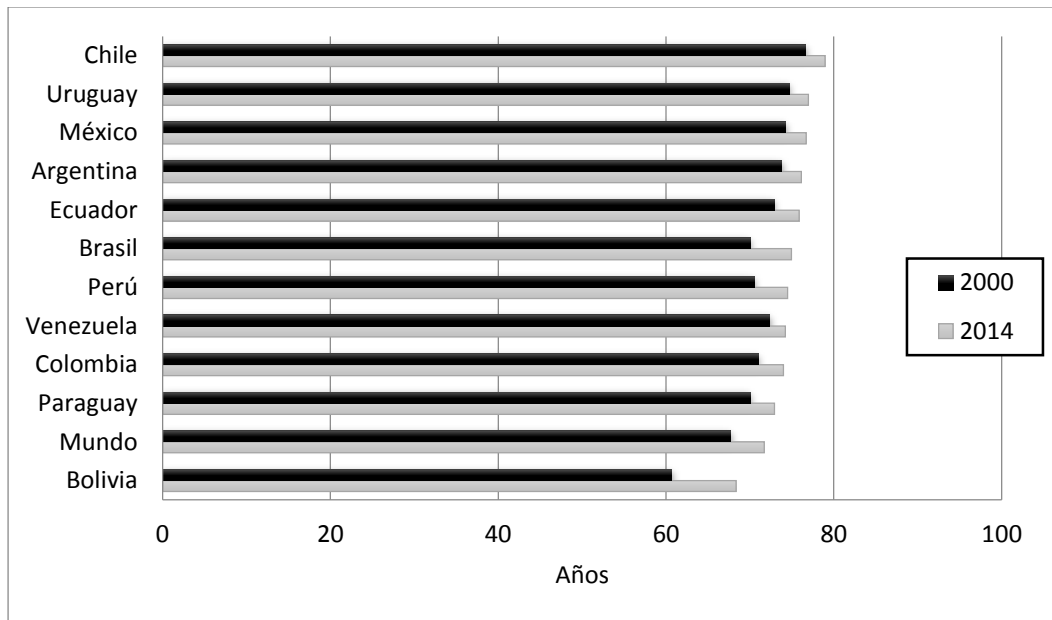


Figura 1: Esperanza de vida en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014.

Dado que para calcular la esperanza de vida se tienen en cuenta la mortalidad, y una alta mortalidad en los grupos de temprana edad reduce significativamente la esperanza de vida (Banco Mundial, 2018), los países enfocan sus políticas y programas en la disminución de las tasas de mortalidad de infantes, esto se refleja en un aumento en la esperanza de vida de la población. Este es el caso de Bolivia, Brasil y Perú que, como se verá más adelante, son los países que más han disminuido las tasas de mortalidad neonatal y de mortalidad en menores de cinco años y por lo tanto son los que más han aumentado su esperanza de vida, como ya se mencionó.

7.2 Mortalidad neonatal y mortalidad en menores de 5 años

La CEPAL define la mortalidad neonatal como, la probabilidad que tiene un niño nacido en fallecer durante sus primeros 28 días de vida, y la mortalidad en la niñez como, la probabilidad que tiene un niño en fallecer antes de cumplir los primeros 5 años de vida (CEPAL, 2000).

Dado que la mortalidad en la niñez está vinculada con la esperanza de vida al nacer, lo que afecta directamente el bienestar de la población, en el cuarto de los Objetivos del Milenio se plantea: la reducción en dos terceras partes, entre 1990 y 2015, de la mortalidad en la niñez. Mediante la aplicación de este objetivo, los organismos internacionales buscan reducir aquellas muertes que pueden prevenirse o tratarse. En los últimos 25 años, se registraron 236 millones de niños que han fallecido por causas que podrían haberse prevenido; la Unicef asegura que, la mayoría de las intervenciones necesarias para salvar a estos niños son bastante conocidas, de alta repercusión y bajo costo, como son: las vacunas, los antibióticos, los suplementos nutricionales, los mosquiteros tratados con insecticidas y las prácticas higiénicas (UNICEF, 2015).

Dada la importancia de este indicador, se analizará la tasa de mortalidad neonatal y la tasa de mortalidad en menores de 5 años para los países suramericanos y México en los años 2000 y 2014. En las ilustraciones 2 y 3 se puede observar que en todos los países de la región ha ocurrido un gran descenso de la mortalidad de infantes; las tasas más altas de la región las tiene Bolivia, por cada 1000 nacidos vivos fallecen 20 niños en sus primeros 28 días de vida y por cada 1000 menores de 5 años, fallecen 31.5 niños en el 2014.

Aunque Bolivia es el país con mayor tasa de mortalidad en infantes, ha logrado las mayores reducciones entre 2000 y 2014, es decir, en el 2014 por cada 1000 niños nacidos fallecen 10.2 niños menos que en el 2000 y por cada 1000 menores de 5 años fallecen 27 menos que en el 2000 (ver apéndice B). Los logros alcanzados por Bolivia en la reducción significativa de las tasas de mortalidad en infantes, se debe principalmente a los programas de difusión de información para prevenir y atender enfermedades frecuentes en menores de 5 años, como la diarrea aguda y las infecciones respiratorias agudas (BID, 2010), pero a pesar de los esfuerzos realizados, continúa teniendo las tasas más altas de la región.

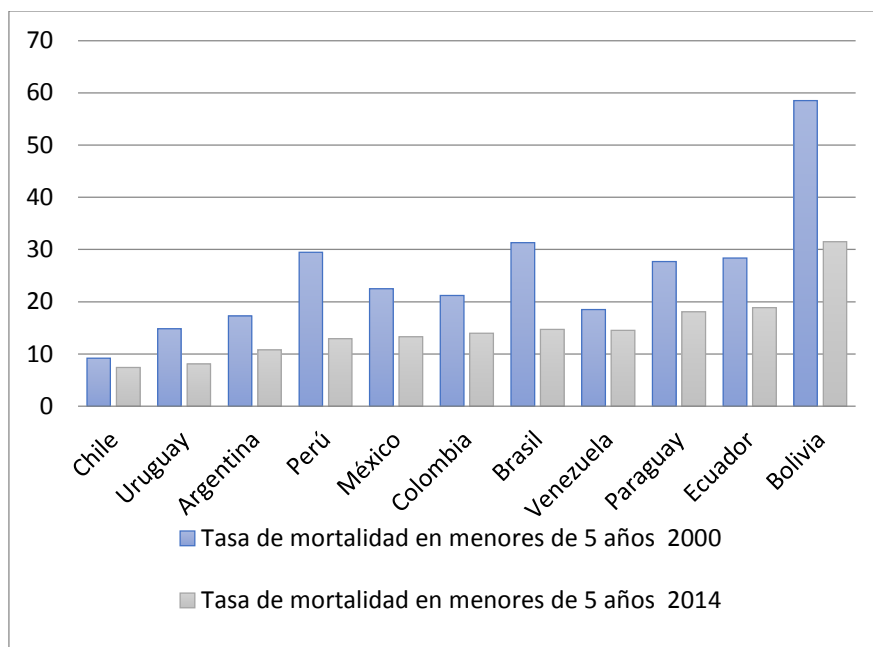


Figura 2: Tasa de mortalidad neonatal (por cada 1000 nacidos vivos) para los países suramericanos y México en los años 2000 y 2014.

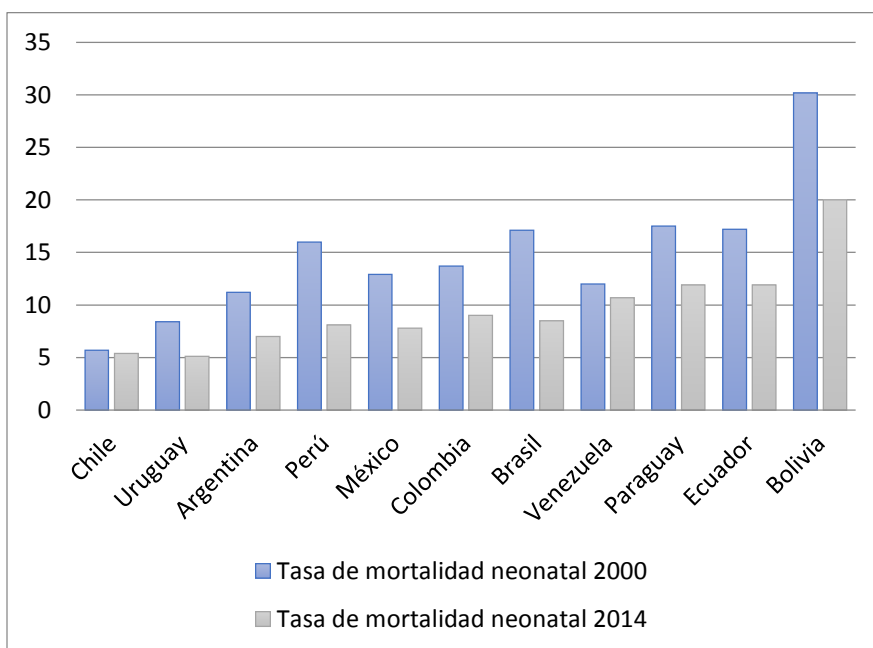


Figura 3: Tasa de mortalidad en menores países de 5 años (por cada 1000) para los suramericanos y México en los años 2000 y 2014. Elaboración propia con datos tomados del Banco Mundial.

Brasil y Perú han logrado también reducir considerablemente sus tasas de mortalidad de infantes, en Brasil la tasa de mortalidad neonatal y la tasa de mortalidad en menores de 5 años han disminuido 8.6 y 16.6 respectivamente; mientras que en Perú han disminuido 7.9 y 16.6 respectivamente (ver apéndice B). De igual modo, estos avances se han logrado gracias a los esfuerzos e intervenciones sanitarias realizadas al interior de cada país, en los cuales se busca detectar y prevenir las enfermedades que más aquejan a los niños de estas edades como son: las infecciones respiratorias agudas, las infecciones diarreicas agudas, la parasitosis en el aparato digestivo, además de las deficiencias nutricionales.

7.3 Fertilidad

Según el Banco Mundial, la tasa de fertilidad total representa la cantidad de hijos que tendría una mujer si viviera hasta el final de sus años de fertilidad y tuviera hijos de acuerdo con las tasas de fertilidad actuales específicas por edad.

En la Figura 4 se observa el comportamiento de la tasa de fertilidad para los países suramericanos y México en los años 2000 y 2014, donde se muestra que, Bolivia es el país con mayor tasa de fertilidad (2.9) y Brasil con la más baja (1.7) para el año 2014. Además, se observa la disminución constante y significativa en todos los países de la región. Sobre todo en Bolivia cuya tasa de fertilidad en 15 años ha pasado de 4 nacimientos a 2.9 nacimientos por mujer, debido a sus políticas de control de crecimiento de la población, que tienen como objetivo un acceso a la información y a métodos modernos de anticoncepción (UNFPA, 2007). Aunque sigue siendo una tasa alta para una economía con bajos niveles de desarrollo (Guzmán, 2005). Del mismo modo, (De Silva & Tenreyro, 2017) señalan que el proceso de urbanización, el aumento educativo, la

participación de la mujer en el mercado laboral, y la reducción de la tasa de mortandad infantil han contribuido a la reducción de la tasa de fertilidad en la región.

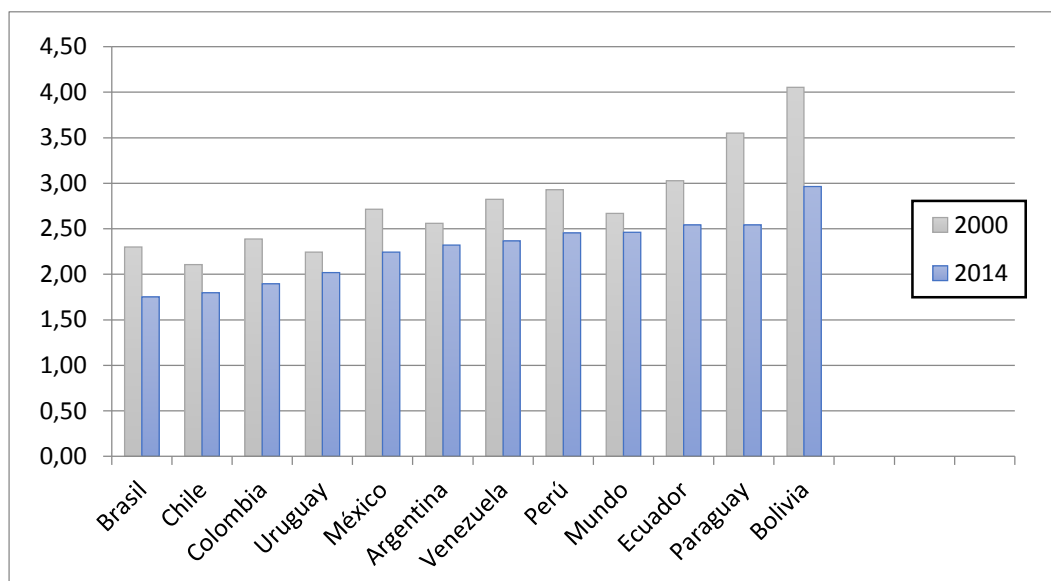


Figura 4 Tasa de fertilidad total en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014.

También cabe mencionar que, “la tasa de dos hijos por mujer se considera la tasa de remplazo para un población, tasas superiores a esta indican que la población crece en tamaño y su edad media disminuye, generando dificultades en algunas situaciones para las familias en la alimentación y educación, por el contrario, tasas menores a esta indican que la población disminuye en tamaño y envejecen” (CIA, 2017). Es por lo tanto necesario para los países alcanzar una tasa que otorgue estabilidad en términos de números totales; según los datos, Colombia, Uruguay y México son quienes más se acercan a esta tasa objetivo, con valores de 1.9, 2.02 y 2.2 respectivamente. (Ver apéndice C).

7.4 Prevalencia de desnutrición

La buena nutrición es la base de la supervivencia, la salud y desarrollo en la población; una población bien nutrida se desempeña mejor, las mujeres enfrentan menores riesgos durante el embarazo y el parto, además, los niños se convierten en adultos sanos, desarrollando mejor en sus habilidades (Banco Mundial, 2018). Debido a la importancia en el desarrollo, en el primero de los Objetivos del Milenio se plantea: la reducción a la mitad, ente 1990 y 2015 de la proporción de personas que padecen de hambre.

La desnutrición infantil es uno de los índices que ha estado en la mira de las organizaciones internacionales. La mitad de las muertes en la niñez están asociadas a la desnutrición; para los niños desnutridos es más difícil combatir las infecciones y tiene mayor probabilidad de morir jóvenes y los que sobreviven suelen tener problemas para alcanzar su pleno potencial físico y mental, así como tendrán menos posibilidades de escapar de la pobreza (Naciones Unidas, 2007).

En la Figura 5 se analiza el comportamiento de la prevalencia de desnutrición como porcentaje de la población en los países suramericanos y México para los años 2000, 2005 y 2014. Se observa que Bolivia es el país con mayores índices de desnutrición alcanzando su máximo en el 2000 con 33.4% y un mínimo en el 2014 con 20.8%. A pesar de ser uno de los países que más ha reducido este valor (13 puntos porcentuales), gracias a su programa de Desnutrición Cero lanzado en el 2007 (BID, 2010), sigue siendo el país con mayor índice en la región.

Paraguay y Brasil también han logrado grandes avances a la hora de combatir la desnutrición, han logrado disminuir 14 y 9.7 puntos porcentuales respectivamente (ver apéndice D). Caso contrario ocurre en México, donde no se han logrado grandes avances, por el contrario se observa que en el 2005 tuvo un aumento (5.5 puntos porcentuales) en la desnutrición comparado con los

valores obtenidos, 4.4% en el 2000 y de 4.4% en el 2014; mismo caso se registra en Argentina, mientras en el 2000 y 2014 su indicador fue de 3.5% y 3.4% respectivamente, en el año 2005 su prevalencia de desnutrición subió a 4.7 %. Otro caso atípico se registra en Perú, donde se logra reducir la prevalencia de desnutrición pasando de 12.9% en el 2000 a 11.9% en el 2005 y en el año 2014 vuelve a aumentar a 12.4%.

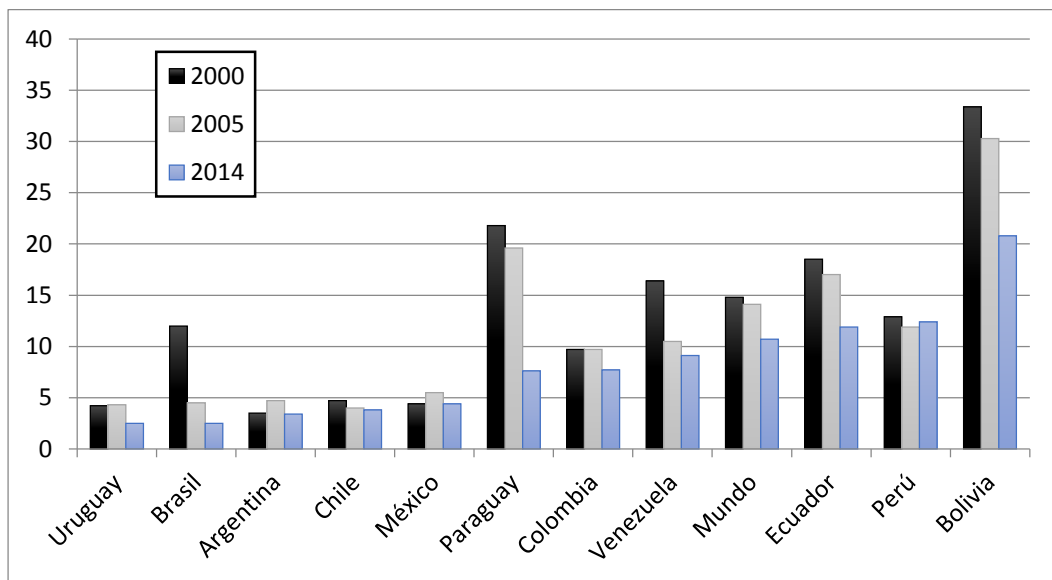


Figura 5 Prevalencia de desnutrición (% de la población) en los países suramericanos y México para los años 2000, 2005 y 2014.

A partir del análisis realizado a los indicadores de salud, se puede encontrar que, en la región ha existido una transición demográfica, en la cual la esperanza de vida ha aumentado, mientras que la tasa de mortalidad y la tasa de fecundidad han disminuido. Asimismo, se han logrado grandes avances en las condiciones de vida de las personas gracias a las políticas y programas implementadas en cada uno de los países, los Objetivos de Milenio a los que se comprometieron los diferentes gobiernos en la Declaración del Milenio, han impulsado en gran medida estos avances.

El caso a resaltar es el de Bolivia, siendo el país que mayores avances ha logrado en la región gracias a las políticas que ha implementado, a fin de reducir la muerte infantil y neonatal, la desnutrición, además de los programas enfocados a la población vulnerable con el fin de reducir la tasa de fertilidad. Es también importante mencionar que, en el indicador de prevalencia de desnutrición en la población, se ha logrado menor avance en la región, el caso particular es el de Perú, en el que después de conseguir una mejora del 10 % en la población en el 2005 y en el 2011, retrocede y su índice vuelve a aumentar (ver apéndice D).

7.5 Modelo de efectos mixtos

La estructura de la base de datos obtenida para este estudio es de tipo panel, por esta razón lo ideal sería utilizar un modelo de efectos fijos o un modelo de efectos aleatorio, sin embargo, para este caso empírico para mayor practicidad se estimó un modelo de efectos mixtos.

El funcionamiento de un modelo mixto se debe entender como es la interacción de los efectos mixtos y los efectos aleatorios. Conceptualizando este tipo de modelos en la literatura es definido como el seguimiento de una estrategia lógica propia de otros tipos de modelos estadísticos por lo que se trata de una descripción relacionada entre una variable dependiente y uno o varias covariables. (Seone, 2014). La explicación de los efectos sobre la variable dependiente se mide a través de distintos parámetros de los modelos.

A modo general (Villacreses, 2017) afirma que el Efecto aleatorio: Es aquel que se relaciona con las estructuras de varianzas y covarianzas de la variable dependiente atribuidos a los factores que afectan directamente los datos. Por último, el Efecto fijo: Se usan para el cálculo de la media de la variable dependiente, los efectos fijos lo representan las constantes conocidas.

Para una definición más exacta en (Eyzaguirre, 2017) lo describe en forma general, asumiendo una distribución normal para todos los componentes aleatorios, de la siguiente manera:

$$\mathcal{Y} = \mathbb{X}\beta + \mathbb{Z}\mathbb{b} + \epsilon, \quad \mathbb{b} \sim \mathcal{N}(0, \Psi), \quad \epsilon \sim \mathcal{N}(0, \Lambda\sigma^2)$$

Donde

- \mathcal{Y} es el vector respuesta
- \mathbb{X} es una matriz de diseño para los efectos fijos
- \mathbb{b} es el vector de efectos fijos
- \mathbb{Z} es una matriz de diseño para los efectos aleatorios
- \mathbb{b} es el vector de efectos aleatorios

Eventualmente se asume que Λ es simplemente la matriz identidad, lo que equivale a asumir que los errores son independientes y normalmente distribuidos con varianza σ^2 :

$$\epsilon \sim \mathcal{N}(0, \Lambda\sigma^2).$$

También Ψ suele depender de unos pocos parámetros un vector θ , por lo que para hacer esta dependencia explícita se suele escribir

$$\mathbb{b} \sim \mathcal{N}(0, \Psi_{\theta}).$$

7.5.1 Métodos para estimación Definido el concepto de los modelos mixtos, es necesario abordar el proceso para la estimación, para lograrlo se debe distinguir elegir entre tres métodos distintos tal como lo explica (Gonçalves, 2016):

- Restricted (or residual) maximum likelihood (REML) It is the method of estimation currently most used (by default, it is the estimation method used in all packages). The restricted maximum likelihood method in the context of linear mixed models was introduced by (Patterson e Thompson .1971).

- Maximum likelihood (ML), ML is sometimes discouraged, because the variance component estimates are biased downward.
- Procedures based on expected mean squares from the analysis of variance (ANOVA). It is the classical approach, well applied for simple models with balanced data and when \mathbf{G} and \mathbf{R} are diagonal matrices (p. 36).

La ruta para desarrollar el modelo econométrico de este trabajo evitando el sesgo que pueda tener los datos; se ejecutara por medio de REML que de acuerdo con (Correa & Salazar, 2016):

la utilización de técnicas de estimación por máxima verosimilitud a una función de verosimilitud asociada a un conjunto de errores de contraste en vez de aquella asociada a las observaciones originales. Este procedimiento compensa la pérdida de grados de libertad que resulta de la estimación de los efectos fijos y produce estimaciones menos sesgadas de las componentes de varianza. (P. 59).

7.5.1.1 Estructura REML La utilización REML permite obtener los parámetros de un modelo de efectos mixtos utilizando el paquete *lme4*⁷ (Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015) instalable para el software estadístico R Project. Una vez instalado el paquete se usa el comando específico *lmer*⁸. Para la estimación del modelo se debe seguir una estructura modular de alto nivel dividida en la sección 2, sección 3, sección 4 y sección 5 (Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015). Así lo expresan los autores resumiendo cada uno de los módulos:

⁷ Lme4 provides functions to fit and analyze linear mixed models, generalized linear mixed models and nonlinear mixed models. In each of these names, the term “mixed” or, more fully, “mixed effects”, denotes a model that incorporates both fixed- and random-effects terms in a linear predictor expression from which the conditional mean of the response can be evaluated. In this paper we describe the formulation and representation of linear mixed models.

⁸ a two-sided linear formula object describing both the fixed-effects and random-effects part of the model, with the response on the left of a ~ operator and the terms, separated by + operators, on the right. Random-effects terms are distinguished by vertical bars (|) separating expressions for design matrices from grouping factors. Two vertical bars (||) can be used to specify multiple uncorrelated random effects for the same grouping variable.

In the first module, a mixed-model formula is parsed and converted into the inputs required to specify a linear mixed model (Section 2). The second module uses these inputs to construct an R function which takes the covariance parameters, θ , as arguments and returns negative twice the log profiled likelihood or the REML criterion (Section 3). The third module optimizes this objective function to produce maximum likelihood (ML) or REML estimates of θ (Section 4). Finally, the fourth module provides utilities for interpreting the optimized model (Section 5) (P.5).

En el primer módulo están organizadas en una tabla explicadas por (Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015) seis tipos de fórmulas para estimar el modelo, para cada formula se tiene en cuenta la forma como estará evaluando el efecto mixto y el efecto aleatorio en función del intercepto.

Tabla 1.

Examples of the right-hand-sides of mixed-effects model formulas. The names of grouping factors are denoted g , $g1$, and $g2$, and covariates and a priori known offsets as x and o .

| Formula | Alternative | Meaning |
|-------------------------|-------------------------------|---|
| (1 g) | 1 + (1 g) | Random intercept with fixed mean. |
| 0 + offset(o) + (1 g) | -1 + offset(o) + (1 g) | Random intercept with <i>a priori</i> means. |
| (1 g1/g2) | (1 g1) + (1 g1:g2) | Intercept varying among $g1$ and $g2$ within $g1$. |
| (1 g1) + (1 g2) | 1 + (1 g1) + (1 g2) | Intercept varying among $g1$ and $g2$. |
| x + (x g) | 1 + x + (1 + x g) | Correlated random intercept and slope. |
| x + (x g) | 1 + x + (1 g) + (0 + x g) | Uncorrelated random intercept and slope. |

Nota. Tomada de (Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015)

De la tabla 1 se eligió la fórmula alternativa de intercepto aleatorio con medias *a priori*:

$$-1 + offset(0) + (1|g) \tag{1}^9$$

Basado en (1) se sigue a la estructura de alto nivel anteriormente mencionada para validar la salida del modelo a través del software R. Resumida en la tabla 2 extraída de (Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015).

Tabla 2.

The high-level modular structure of lmer.

| Module | | R function | Description |
|---------------------------|-------------|---------------------------|---|
| Formula module | (Section 2) | <code>lFormula</code> | Accepts a mixed-model formula, data, and other user inputs, and returns a list of objects required to fit a linear mixed model. |
| Objective function module | (Section 3) | <code>mkLmerDevfun</code> | Accepts the results of <code>lFormula</code> and returns a function to calculate the deviance (or restricted deviance) as a function of the covariance parameters, θ . |
| Optimization module | (Section 4) | <code>optimizeLmer</code> | Accepts a deviance function returned by <code>mkLmerDevfun</code> and returns the results of the optimization of that deviance function. |
| Output module | (Section 5) | <code>mkMerMod</code> | Accepts an optimized deviance function and packages the results into a useful object. |

Nota. Tomada de (Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015)

Al realizar cada uno de los pasos de la estructura propuestos en las secciones de la tabla 2 (ver apéndice E), se debe hacer el diagnóstico para evaluar el modelo de efectos mixtos. Utilizando las herramientas de la librería lme4 propone el método grafico para realizar los diagnósticos. Estos diagnósticos están diseñados para no utilizar ciertos gráficos y test por ejemplo grafico de datos

⁹ Si se considera que una variable debe ser de efectos fijos y así mismo otra variable debe ser de efectos aleatorios, la sintaxis sería la siguiente (se coloca ya mismo el -1 en la especificación de la fórmula para obtener las estimaciones de las medias de la variable de efectos fijos)

influyentes, gráfico de las distancias de Cook y graficas de aparcelamiento que si se usan en otras librerías (JC & Bates, 2000).

Para los diversos tipos de modelos lineales exceptuando el método LMER existe gráficos para evaluación (linealidad, homocedasticidad, normalidad). Pero el caso de la librería lme4 solo se evalúa a nivel de los residuales, teniendo en cuenta los patrones de normalidad. Otro aspecto importante es que no permite diagnósticos de influencia por lo que se debe usar otro tipo de tipo de librerías para el software R, definido así por (Bates, Mächler, Bolker, & Walker, 2015).

7.5.2 Estimación del modelo de efectos mixtos con variables de salud¹⁰ Se realiza un modelo de efectos mixtos para analizar el comportamiento de las variables escogidas para este estudio (variable dependiente y covariables), dentro del modelo se evalúa el nivel de incidencia y de significancia que tienen estas covariables sobre la variable dependiente, definida como el $\log(PIBPA)$ nacional de 11 países. Las covariables en un principio se habían definido como, Gasto en salud como porcentaje del Producto Interno Bruto (GSPIB), es Esperanza de vida al nacer (ESVN), es Tasa de fertilidad total (TFERTI), es Tasa de mortalidad neonatal (TMORNE), es Tasa de mortalidad en menores de 5 años (TMORME5) y Prevalencia de desnutrición (PREDESNUT). Como variable dependiente Y Producto Interno Bruto (PIB) en precios actuales Al producto interno bruto se le aplico logaritmo para suavizar las cifras en millones de Dólares a precios actuales y así evitar sobresaltos de datos exagerados debido a que muchos países tienen un nivel ingreso mucho elevado que otros países, que afectan la salida del modelo.

¹⁰ Bajo la tutoría del profesor Carlos Mantilla, profesor de econometría de la Universidad Industrial De Santander en Bucaramanga, Santander.

Mediante el software estadístico R Project se ejecutó el modelo usando la librería lme4, siendo esta librería más adecuada para realizar modelos de efectos mixtos. Se descarta previamente aquellas covariables no significativas obteniendo el siguiente modelo (ver apéndice F).

```

Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']
Formula: log(PIBPA) ~ ESVN + TMORNE + TMORME5 + PREDESNUT + factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1
Data: DATSA

REML criterion at convergence: -35.5

Scaled residuals:
  Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.1824 -0.5516  0.0135  0.4951  2.8904

Random effects:
Groups   Name              Variance Std.Dev.
AÑO      (Intercept)  0.12622  0.3553
Residual                    0.02281  0.1510
Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed effects:
              Estimate Std. Error t value
ESVN          0.240366   0.066899   3.593
TMORNE        -0.058856   0.027047  -2.176
TMORME5        0.072470   0.020703   3.500
PREDESNUT     -0.025995   0.005551  -4.683
factor(PAIS)1  7.978017   5.222667   1.528
factor(PAIS)2  6.907999   4.969641   1.390
factor(PAIS)3  9.671157   5.179789   1.867
factor(PAIS)4  6.850200   5.322971   1.287
factor(PAIS)5  8.165335   5.112685   1.597
factor(PAIS)6  6.287635   5.323685   1.181
factor(PAIS)7  8.850618   5.307366   1.668
factor(PAIS)8  7.420507   5.158597   1.438
factor(PAIS)9  5.738635   5.123081   1.120
factor(PAIS)10 5.428282   5.243840   1.035
factor(PAIS)11 8.153091   5.136100   1.587

Correlation matrix not shown by default, as p = 15 > 12.
Use print(x, correlation=TRUE) or
vcov(x)          if you need it
    
```

Figura 6. Modelo de efectos mixtos. Extraído del estadístico R versión 3.5.1.

Teniendo en cuenta la metodología y la ausencia de valores p, para la librería lme4 se debe tener en cuenta los valores T. Siendo estos significativos los que tienen un valor \geq que $|2|$. Por lo tanto, el modelo quedo con la variable dependiente $\log(PIBPA)$ y con las covariables $ESVN$, $TMORNE$, $TMORME5$ y $PREDESNUT$ respectivamente. La fórmula del modelo quedó de la siguiente forma:

en (1) se reemplaza cada uno de los factores que intervienen en el modelo

$$\log(PIBPA) = ESVN + TMORNE + TMORME5 + PREDESNUT + factor(PAIS) + \left(\frac{1}{AÑO}\right) - 1 \quad (2)$$

En (2) *factor(PAIS)* Es el efecto fijo y $\left(\frac{1}{AÑO}\right)$ el efecto aleatorio

En el mismo modelo se debe evaluar la normalidad del modelo se verifica utilizando los residuos y posteriormente se grafican observando el comportamiento de los residuos en base a la línea de tendencia de los residuos.

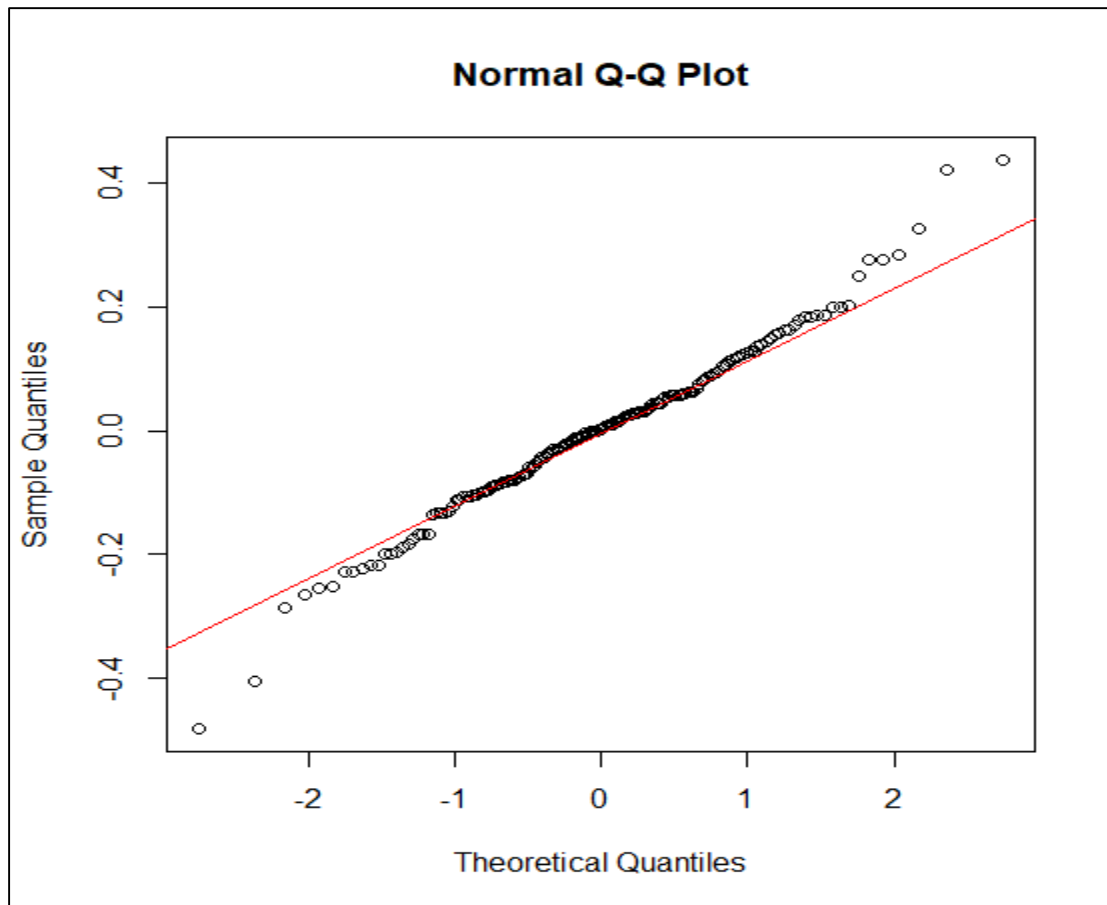


Figura 7. Prueba de normalidad. Extraído del estadístico R versión 3.5.1.

la prueba de normalidad (VER APENDICE F) nos arroja que los residuos tienen una tendencia es decir están en casi totalidad sobre la línea de tendencia (la línea roja) a excepción de unos pocos residuos en los extremos que están ligeramente dispersos, pero estos no tienen influencia que pueda alterar el modelo presentado anteriormente. Para resumir lo anterior los residuos se distribuyen normalmente.

Como resultado general en el modelo final de efectos mixtos, tiene injerencia en este el efecto aleatorio (randomeffects) está compuesto por el factor tiempo (15 años) y el efecto fijo (fixedeffects) esta denotado por el factor país y las covariables. Para entender detalladamente se hizo una descomposición del modelo general para analizar el efecto aleatorio (tiempo) y el efecto fijo(país) por separado encontramos que los siguientes resultados:

7.5.2.1 Análisis efecto aleatorio El efecto aleatorio para el modelo expuesto en la Figura 6 está denotado por el tiempo medido en años. De forma más específica en la Figura 2 esta extrapolado el efecto aleatorio.

```
Random effects:|
Groups   Name             Variance Std.Dev.
AÑO      (Intercept) 0.12622 0.3553
Residual                   0.02281 0.1510
Number of obs: 165, groups: AÑO, 15
```

Figura 8. Efectos aleatorios. Extraído del estadístico R versión 3.5.1.

Es importante resaltar que en este modelo se analiza el efecto tiempo en (años), como componente aleatorio explicativo en el crecimiento económico de los países seleccionados

denotado como $\log(PIBPA)$. Es necesario mirar los coeficientes de cada para analizar el comportamiento (VER APÉNDICE G).

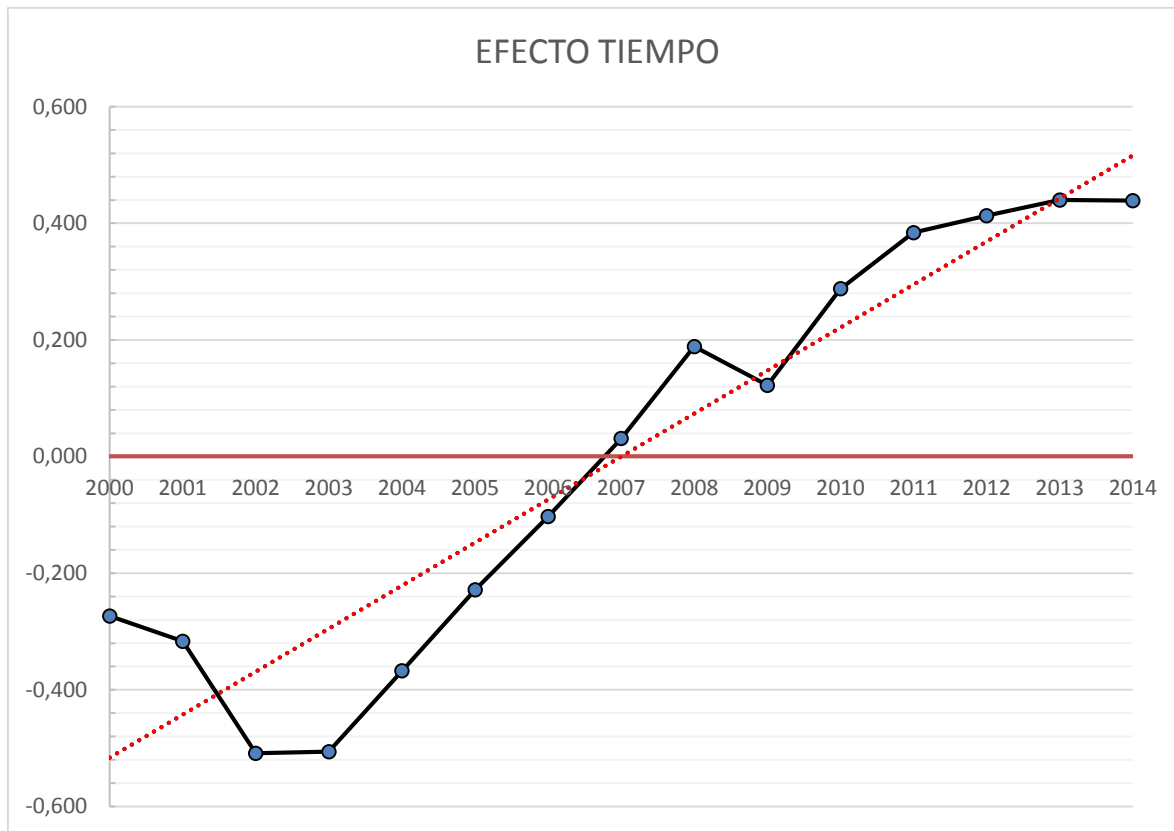


Figura 9. Adaptada de: Estadístico R versión 3.5. 1. Modificada por autores.

Al observar la Figura 9 a partir del año 2000 hasta el 2006 el efecto es negativo, pero específicamente en los años 2001 al 2003 tienen tendencia decreciente, luego desde el 2003 hasta el 2008 la tendencia es creciente. Posteriormente desde el año 2008 hasta 2014 el efecto es positivo con tendencia creciente exceptuando el año 2008. Para finalizar los resultados de los coeficientes estimados para el efecto tiempo, desde el año 2000 hasta el 2014 se obtuvo que en el largo plazo el efecto tiempo para el PIB tiene es positivo.

7.5.2.2 Análisis efectos fijos Los efectos fijos para este modelo, expuestos en la Figura 6 está compuesto por cada uno de los países y las covariables, son fijos porque no tienen ninguna variación en el transcurso de los 15 años del estudio. En la tabla 3 están ubicados los 11 países seleccionados para el estudio de este trabajo. Para mejor entendimiento se ordenó el valor del intercepto o coeficiente de menor a mayor con su respectivo país.

Tabla 3.

Adaptada de: estadístico R versión 3.5.1. Modificada por autores.

| PAIS | Intercepto |
|-------------|-------------------|
| URUGUAY | 5,4283 |
| PARAGUAY | 5,7386 |
| ECUADOR | 6,2876 |
| CHILE | 6,8502 |
| BOLIVIA | 6,9080 |
| PERU | 7,4205 |
| ARGENTINA | 7,9780 |
| VENEZUELA | 8,1531 |
| COLOMBIA | 8,1653 |
| MEXICO | 8,8506 |
| BRASIL | 9,6712 |

La interacción de los efectos fijos en el modelo para este caso, se presentan para cada uno de los 11 países. Los coeficientes (VER APÉNDICE G) más elevados de Brasil, México, Colombia, Venezuela y Argentina por encima de la mediana como también de la media equivalente a Perú. Por debajo de esta se ubica Bolivia, Chile, Ecuador, Paraguay y Uruguay siendo estos con un efecto más bajo.¹¹

¹¹ ninguno de los países es significativo, tienen un valor $T < \text{diferente a } T \geq |2|$.

Parte de los efectos fijos está el resultado de los coeficientes (VER APÉNDICE G) de las covariables *ESVN*, *TMORNE*, *TMORME5* y *PREDESNUT* del modelo establecido. Son importantes porque son las que me permiten observar su influencia en la variable dependiente $\log(PIBPA)$.

Tabla 4.

Efectos fijos (covariables). Extraído del estadístico R versión 3.5.1.

| Fixedeffects: | | | |
|----------------------|-----------|-----------|---------|
| | Estimate | Std.Error | t value |
| ESVN | 0.240366 | 0.066899 | 3.593 |
| TMORNE | -0.058856 | 0.027047 | -2.176 |
| TMORME5 | 0.072470 | 0.020703 | 3.500 |
| PREDESNUT | -0.025995 | 0.005551 | -4.683 |

En la tabla 4 se ubican los coeficientes de las covariables con efectos positivos y negativos en concordancia con su signo, siendo el impacto positivo más grande *ESVN* sobre el $\log(PIBPA)$, el siguiente coeficiente positivo es *TMORME5* y significativo en relación con el valor T respectivamente. Los resultados negativos de los coeficientes de las covariables del modelo sobre el $\log(PIBPA)$, fueron, *TMORNE* Y *PREDESNUT*.

En relación con los valores estimados se puede establecer que, por cada año que aumenta *ESVN* en todos los países, como lo muestra la figura 1, tiene un efecto en el $\log(PIBPA)$ de (0,24), lo que concuerda de forma similar con los resultados obtenidos por (Temporelli, 2011) y (Gil, 2014). También la disminución de *TMORME5* por cada 1000 niños menores de 5 años en todos países de la investigación el efecto en el $\log(PIBPA)$ es (0,07); el comportamiento de *TMORME5* tuvo el mismo efecto sobre $\log(PIBPA)$ obtenido en la investigación de (Gil, 2014).

No obstante, la disminución de la *TMORNE* por cada 1000 nacidos vivos como se muestra en la Figura 2 causa una disminución en el $\log(\text{PIBPA})$ estimado de (-0,06). Por último, está la *PREDESNUT* como porcentaje de la población mostrado en la Figura 5, existe una disminución en el tiempo, pero el efecto en el $\log(\text{PIBPA})$ causa una disminución estimada de (-0,025). Estas covariables no habían pertenecido a ningún estudio empírico hasta ahora, pero genera más interés de investigación por el valor negativo.

En términos generales los resultados sugieren que el efecto de la salud a través de las covariables significativas estadísticamente, el efecto aleatorio si genera un impacto partiendo de lo negativo a lo positivo. Comprobando que en el tiempo si existe una evolución favorable en el crecimiento económico medido en $\log(\text{PIBPA})$ para los 11 países de la investigación. Ratifica además que la *ESVN* y *TMORME5* presenta el efecto esperado sobre la variable dependiente tal como sucede es los distintos estudios realizados citados de esta línea de investigación.

7.5.3 Descripción de las variables sociales y Estimación del modelo mixto de efectos mixtos

7.5.3.1 Indicadores sociales Dada la importancia que tienen las variables sociales sobre el crecimiento económico, en este capítulo se buscará comparar: las variables de salud que incidieron el crecimiento económico con algunos aspectos sociales. El principal regente para los indicadores del desarrollo es el PNUD, esta entidad ofrece múltiples indicadores para cada país, hecha la minería de datos en esta fuente y otras, se encontraron pocas bases de datos completas para los países seleccionados en el tiempo que abarca la investigación, se decidió, escoger como variables sociales los años promedio de escolaridad en cada país y el Índice de Desarrollo Humano (IDH).

7.5.3.1.1 Años promedio de escolaridad En la conferencia mundial sobre Educación para Todos, celebrada en Jomtien en el año 1990, se reconoce la necesidad de todos los niños, jóvenes y adultos a acceder a la educación, recordando que, la educación es un derecho fundamental de todos y reconociendo el progreso social, económico y cultural al que contribuye (UNESCO, 1990). La educación, aporta al progreso de cada persona y ocupa un lugar estratégico en el crecimiento y desarrollo económico y social de los países, asimismo, es considerada el instrumento que: incrementa la movilidad social, la competitividad laboral, el acceso y calidad del empleo, mejora el nivel de ingresos y la participación activa en un mundo globalizado (DNP, 2018).

En el Figura 10 se muestra el aumento de los años promedio de escolaridad en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014; se puede observar que, Venezuela es el país que mayor aumento ha tenido en los años promedio de escolaridad, pasando de 6.4 en el 2000 a 9.8 años en el 2014; los grandes avances alcanzados, se debe principalmente a que, a partir de 2001 Venezuela implementa un plan nacional de Educación para Todos, donde se plantean políticas y programas que, eliminen las brechas de la desigualdad, mejoren la calidad y aumenten la cobertura en los sectores rurales (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2003).

Asimismo, el país que menor avances en años promedio de escolaridad es Uruguay, pasando de 8 en el 2000 a 8.6 años en 2014. A pesar de esta situación Uruguay es de los países que mayor años promedio de escolaridad tienen, ubicándose por debajo de Chile (10.1), Venezuela (10), Argentina (9.8) y Paraguay (9.4). Brasil por otro lado, es el país con menor años promedio de escolaridad en la región, alcanzando solo 5.6 y 7.4 años en el 2000 y el 2014 respectivamente (ver apéndice H).

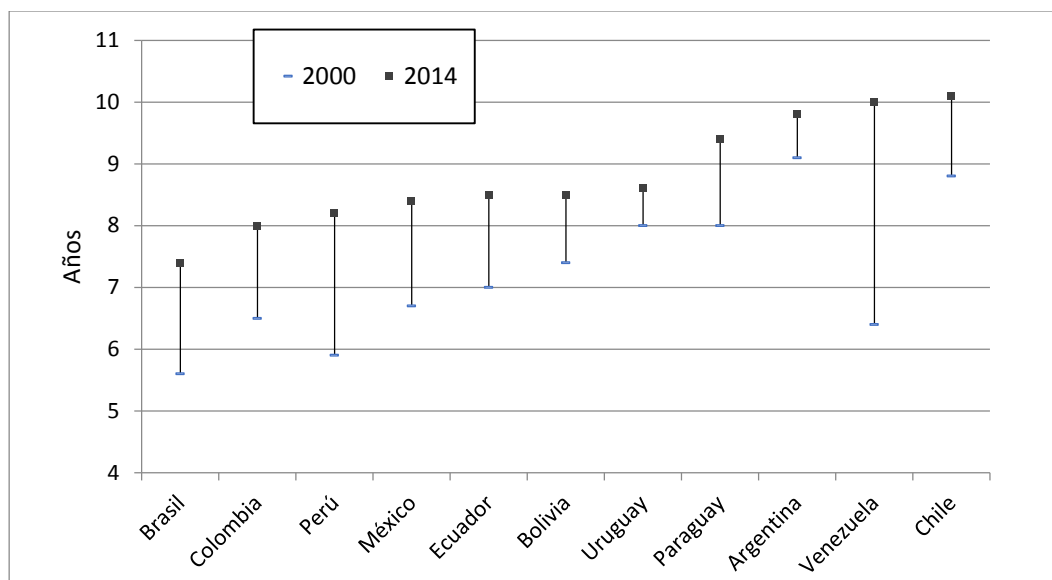


Figura 10: Años promedio de escolaridad en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014.

7.5.3.1.2 Índice de Desarrollo Humano El Desarrollo Humano hace énfasis en las personas como la verdadera riqueza de las naciones, por lo tanto, el desarrollo implica ampliar las oportunidades para que cada persona pueda vivir la vida que valora. La libertad es fundamental para desarrollar las capacidades y los derechos humanos, asimismo, son los derechos humanos y el desarrollo humano los que garantizan el bienestar y la dignidad de todas las personas, forjando el respeto propio y el respeto por los demás (PNUD, 2016). A fin de evaluar los resultados en materia de desarrollo, el índice de desarrollo humano (IDH) mide el progreso conseguido por un país en tres dimensiones básicas del desarrollo humano: disfrutar de una larga vida y saludable, acceso a la educación y el nivel de vida digno (PNUD, 2016).

En la Figura 11 se muestra el aumento del Índice desarrollo humano en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014; se observa que, el IDH ha mejorado a ritmo lento en la región, en promedio ha aumentado 0.07 (ver apéndice I). Es en Venezuela donde se ha obtenido un mayor aumento (0.11), esto se debe a que, junto con plan de Educación para Todos -mencionado en el

anterior apartado-, también impulsó el Plan de Desarrollo Económico y Social en el 2001, este plan también llamado Plan de Equilibrio Social, tuvo como objetivo alcanzar la justicia social, ampliando y profundizando la democracia social en campos como: educación, alimentación, salud, vivienda, cultura, recreación y seguridad (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, pág. 2).

Argentina además de ser el segundo país con mayor IDH en la región (0.82), superado solo por Chile (0.83), es también el país que menor mejora tuvo en la región. Por otra parte, Bolivia es el país con índices más bajos, 0.61 en el 2000 y 0.68 en el 2014, pero su aumento es igual al crecimiento promedio de la región, es decir, 0.07.

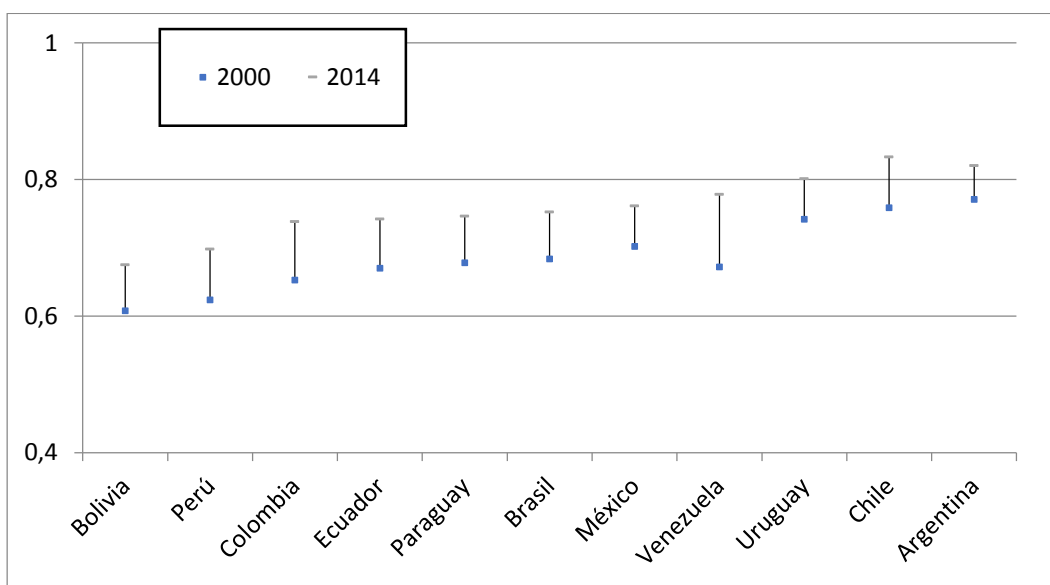


Figura 11: Índice desarrollo humano en los países suramericanos y México para los años 2000 y 2014.

7.5.3.2 Modelo de efecto mixtos con variables sociales Se propone un modelo econométrico de efectos mixtos, alterno usando variables de tipo social para comparar los efectos con respecto a los estimados en el modelo econométrico de efectos mixtos del capítulo 2. El modelo alterno está

estructurado bajo las mismas condiciones que el modelo econométrico estimado en el capítulo 2. Usa el método REML, la estructura modular de alto nivel REML y la fórmula (1).

7.5.3.2.1 Estimación del modelo de efectos mixtos con variables sociales Se realiza un modelo de efectos mixtos para analizar el comportamiento de las variables escogidas para este estudio (variable dependiente y covariables), dentro del modelo se evalúa el nivel de incidencia y de significancia que tienen estas covariables sobre la variable dependiente, definida como el $\log(\text{PIBPA})$ nacional de 11 países. Las covariables a utilizar en este modelo de tipo social son dos la primera Años Promedio De Escolaridad (APES) y la segunda covariable es el Índice De Desarrollo Humano (IDH). Como variable dependiente Y Producto Interno Bruto (PIB) en precios actuales posteriormente se le aplicó logaritmo para suavizar las cifras en millones de Dólares a precios actuales y así evitar sobresaltos de datos exagerados debido a que muchos países tienen un nivel ingreso mucho elevado que otros países, que afectan la salida del modelo.

Mediante el software estadístico R Project se ejecutó el modelo usando la librería lme4, siendo esta librería más adecuada para realizar modelos de efectos mixtos. Se descarta previamente aquellas covariables no significativas obteniendo el siguiente modelo (ver apéndice J).

```

> summary(MODELMIXSOC)
Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']
Formula: log(PIBPA) ~ APES + IDH + factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1
Data: DATSA2

REML criterion at convergence: -63

Scaled residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.09832 -0.49799  0.04571  0.53606  2.50036

Random effects:
 Groups   Name                Variance Std.Dev.
 AÑO      (Intercept)  0.04697  0.2167
 Residual                    0.02425  0.1557
Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed effects:
              Estimate Std. Error t value
APES          -0.1434    0.0506  -2.834
IDH           16.2203    2.0707   7.833
factor(PAIS)1  14.8494    1.3575  10.939
factor(PAIS)2  14.1328    1.0872  12.999
factor(PAIS)3  17.2125    1.2680  13.574
factor(PAIS)4  14.1822    1.3537  10.477
factor(PAIS)5  15.6970    1.2188  12.879
factor(PAIS)6  14.3170    1.2188  11.747
factor(PAIS)7  16.7771    1.2774  13.134
factor(PAIS)8  15.6814    1.1407  13.748
factor(PAIS)9  13.0690    1.2047  10.849
factor(PAIS)10 12.7510    1.3314   9.577
factor(PAIS)11 15.3651    1.2633  12.162

Correlation matrix not shown by default, as p = 13 > 12.
Use print(x, correlation=TRUE) or
vcov(x) if you need it

```

Figura 12. Modelo de efectos mixtos. Extraído del estadístico R versión 3.5.1.

Teniendo en cuenta la metodología y la ausencia de valores p, para la librería lme4 se debe tener en cuenta los valores T. el resultado del modelo estos coeficientes son significativos los que tienen un valor $T \geq$ que $|2|$. Pero hay un problema, el valor del error estándar es alto en IDH los países,

muy distinto a los errores estándar de las covariables obtenidos en el modelo estimado en la sección 7.5.2. Ese problema no es bueno para el modelo actual porque genera menor precisión en el modelo, establecido así por (Liseras, 2003). Por ende, se elimina IDH quedando el modelo estructurado con la variable dependiente $\log(PIBPA)$ y con la covariable APES. La fórmula del modelo quedó de la siguiente forma:

en (1) se reemplaza cada uno de los factores que intervienen en el modelo

$$\log(PIBPA) = APES + factor(PAIS) + \left(\frac{1}{AÑO}\right) - 1 \quad (3)$$

En (3) $factor(PAIS)$ Es el efecto fijo y $\left(\frac{1}{AÑO}\right)$ el efecto aleatorio

```
Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']
Formula: log(PIBPA) ~ APES + factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1
Data: DATSA2

REML criterion at convergence: -23.9

Scaled residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.02179 -0.48428  0.02304  0.51095  2.83132

Random effects:
Groups   Name              Variance Std.Dev.
AÑO      (Intercept)  0.21927  0.4683
Residual                    0.02678  0.1637
Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed effects:
              Estimate Std. Error t value
APES          0.07030    0.03937   1.786
factor(PAIS)1 25.73889    0.38938  66.102
factor(PAIS)2 22.84650    0.32547  70.195
factor(PAIS)3 27.37935    0.28875  94.820
factor(PAIS)4 25.03883    0.39832  62.862
factor(PAIS)5 25.47338    0.30676  83.041
factor(PAIS)6 24.09400    0.32523  74.083
factor(PAIS)7 27.02603    0.33175  81.464
factor(PAIS)8 24.82950    0.31201  79.579
factor(PAIS)9 22.72723    0.35807  63.471
factor(PAIS)10 23.43404    0.34829  67.284
factor(PAIS)11 25.50032    0.34414  74.098

Correlation of Fixed Effects:
```

Figura 13. Modelo de efectos mixtos. Extraído del estadístico R versión 3.5.1.

En el mismo modelo se debe evaluar la normalidad (ver apéndice J) del modelo se verifica utilizando los residuos y posteriormente se grafican observando el comportamiento de los residuos en base a la línea de tendencia de los residuos.

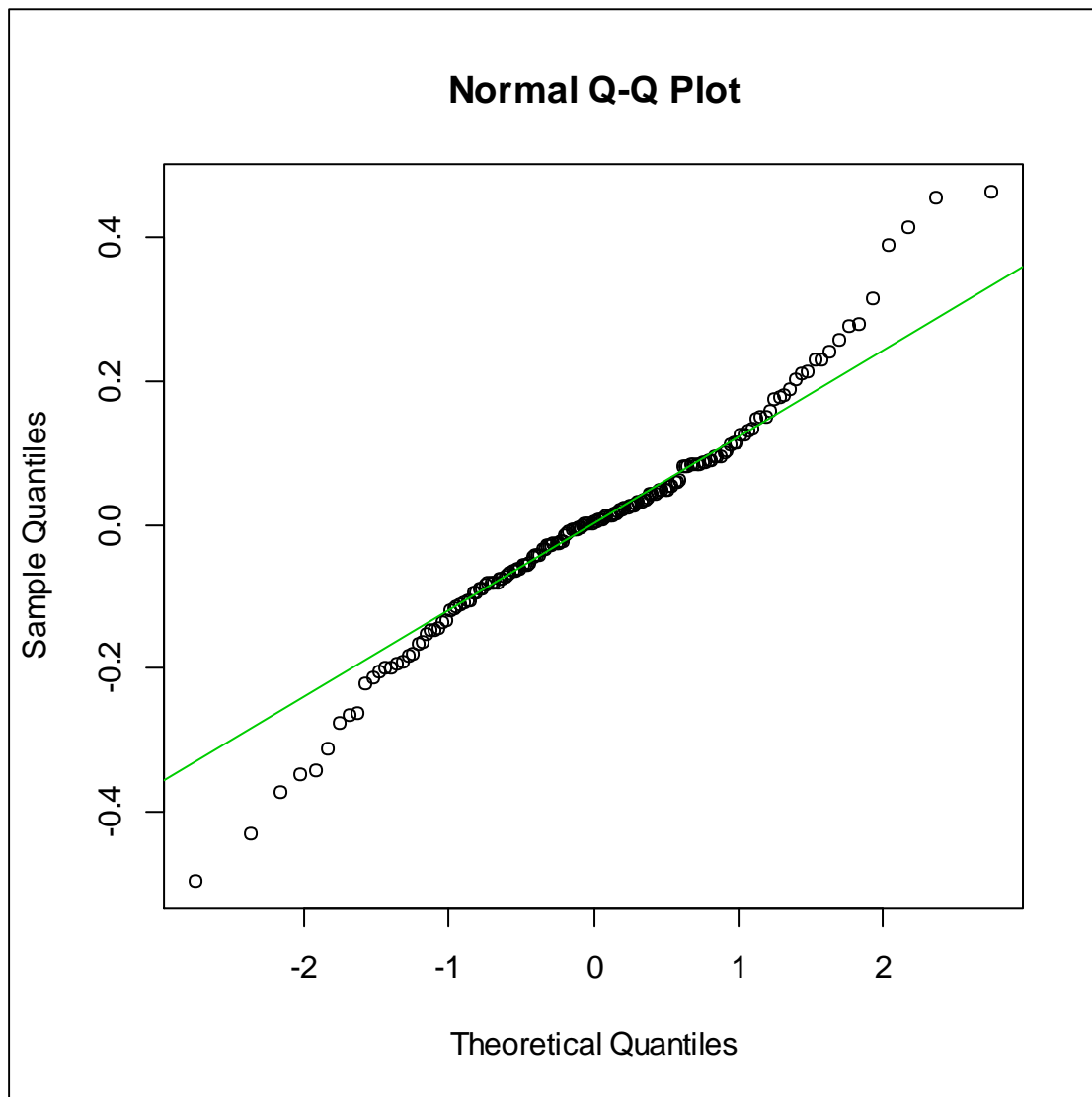


Figura 14. Prueba de normalidad. Extraído del estadístico R versión 3.5.1.

La prueba de normalidad mostrada en el gráfico 7 nos permite verificar que los residuos no tienen una tendencia definida sobre la línea verde. Esto quiere decir que no se distribuyen

normalmente, acatando lo expuesto por (Ford, 2015). Este hecho trae como consecuencia que no se puede utilizar las estimaciones del modelo por la falta de normalidad por ende no se puede comparar con las estimaciones para el modelo (2).

Ante esta situación, las estimaciones del modelo no se pueden utilizar. Pueden estar ligadas al comportamiento de los datos o situaciones que no se pueden explicar por medio de esta investigación, porque están al alcance de metodología utilizada. Por tal motivo se da por terminado el análisis de esta sección en cumplimiento del 3 objetivo específico. Para futuras investigaciones sobre variables de tipo social, junto con factores espaciales de la región de Suramérica. Lo adecuado es realizar una estimación por medio de análisis empírico de regresión espacial tal como lo sugiere (Serrano & Valcarce, 2004).

8. Conclusiones

Los análisis econométricos realizados en el anterior capítulo, contiguo con el análisis descriptivo y teórico, permiten detallar comportamientos y obtener las conclusiones que se mostraran a continuación:

Del análisis descriptivo se puede concluir que, la región presenta mejoras en los indicadores relacionados con la salud, la esperanza de vida ha aumentado significativamente, mientras que las tasas de fertilidad, de mortalidad neonatal y mortalidad en menores de 5 años han disminuido. Caso contrario se presenta en la prevalencia de desnutrición, que ha ido a pasos lentos. Lo que quiere decir que, a pesar de la implementación de políticas y programas encaminados a cumplir

los Objetivos del Milenio y mejorar la calidad de vida de la población, en algunos aspectos se han quedado cortos.

A partir del análisis econométrico realizado se encontró que, la influencia de las tasas de mortalidad neonatal, mortalidad en menores de 5, prevalencia de desnutrición y esperanza de vida al nacer; tienen un efecto positivo en el crecimiento económico a lo largo de los 15 años abordados en esta investigación.

De acuerdo con los datos obtenidos en el estudio econométrico se encontró que, la esperanza de vida al nacer y la mortalidad en menores de 5 son las variables con influencia positiva en el crecimiento económico de los países escogidos para la investigación. Pero la esperanza de vida al nacer es la variable como mayor influencia a favor del crecimiento económico. Este hecho concuerda con los demás estudios citados de esta línea de investigación.

El impacto incremental de las variables relacionadas con la salud respecto a otros aspectos sociales como la educación y desarrollo humano no se lograron comparar, debido a los resultados obtenidos en el análisis econométrico usando promedio de escolaridad y el índice de desarrollo humano, dado que no se obtuvo suficiente evidencia estadística para validar el modelo con las variables mencionadas.

9. Recomendaciones

La investigación realizada incluyó datos agregados de 10 países de sur América y de México, se sugiere realizar investigaciones rigurosas incluyendo micro datos para cada país, inclusive para

departamentos o estados. En la medida que se utilice variables sociales, sociodemográficas que pueda explicar el crecimiento económico.

De igual manera, se recomienda la utilización de otras metodologías relacionadas con la econometría espacial, para dar una posible explicación a sí el factor geográfico está correlacionado con las variables sociales y sociodemográficas en función del crecimiento económico; se puede aplicar a nivel local, regional y nacional.

Se recomienda a las administraciones gubernamentales de la región, realizar mayor esfuerzo para mejorar los índices sociales relacionados con la salud, que afectan negativamente el crecimiento económico, como son: la tasa mortalidad neonatal y la prevalencia de desnutrición.

Referencias Bibliográficas

- Aghion, Philippe y Howitt, Peter (1992), "A Model of Growth through Creative Destruction". *Econometrica*, Vol. 60. No. 2, Pp. 323-351.
- Asociación Bancaria y de Entidades Financieras de Colombia (ASOBANCARIA) (2016). *Latinoamérica: Coyuntura Económica Y Perspectivas*. Bogotá. Dirección económica.
- Ávila, Oscar (2009). *Salud y crecimiento económico: Un Modelo de generaciones traslapadas, expectativa de vida endógena y capital humano*. Serie Documentos de trabajo, 60. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Banco Mundial (1993). Una agenda a debate "Invertir En Salud". Extraído desde http://www.sidastudi.org/es/registro/2c9391e41fb40_2cc011fb4392de31147 (consultado en abril 15 de 2018).
- Barro, Robert (1990), "Government Spending in a Simple Context of Endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, Vol. 48, Pp. 103-125.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 1-48.
- BID. (2010). Análisis del sector salud de bolivia. Recuperado el 30 de septiembre de 2018, de <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/1740/Analisis%20del%20Sector%20Salud%20de%20Bolivia.pdf?sequence=1>
- Banco Mundial. (2018). Esperanza de vida al nacer, total años. Recuperado el 25 de Septiembre de 2018, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.LE00.IN>
- Banco Mundial. (2018). Prevalencia de desnutrición (% de la población). Recuperado el 25 de Septiembre de 2018, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SN.ITK.DEFC.ZS>

Cass, David (1966), "Optimum Growth in an Aggregative Model of Capital Accumulation: A Turnpike Theorem", *Econometrica*, Vol. 34, No. 4, Pp. 833-850.

Chakraborty, Shankha (2004). "Endogenous Lifetime and Economic Growth" *Journal of Economic Theory*.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (1994), *Salud, equidad y capital humano en el Istmo Centroamericano*, CEPAL, Santiago de Chile

CEPAL. (s.f.). Estadísticas e Indicadores Sociales. Recuperado el 2018 de Agosto de 30 , de http://interwp.cepal.org/sisgen/Sisgen_MuestraFicha_puntual.asp?indicador=2946&id_estudio=4&id_aplicacion=1&idioma=e

CIA. (s.f.). The world factbook. Recuperado el 2018 de septiembre de 15 , de <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2127.html>

Correa, J. C., & Salazar, J. C. (2016). *Introducción a los modelos mixtos*. Medellín: Centro Editorial Universidad Nacional.

Croissant. Y, Millo G. (2008). "Panel Data Econometrics in R: The plm Package". Ehrlich, I. y Lui, F. "Intergenerational trade, longevity and economic growth". *Journal of Political Economy* 99 (5). 1991: 1029-1059.

Deaton, A. (2015). *El gran escape. Salud, riqueza y los orígenes de la desigualdad*. Fondo de Cultura Económica. México. Primera edición en español.

DNP. (2018). *La educación en Colombia*. Recuperado el 7 de Octubre de 2018, de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-social/subdireccion-de-educacion/Paginas/subdireccion-de-educacion.aspx>

De Silva, T., & Tenreyro, S. (2017). "Population Control Policies and Fertility Convergence." *Journal of Economic Perspectives*, 31 (4): 205-28. Recuperado el 19 de Septiembre de 2018, de <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.31.4.205>

Eyzaguirre, R. (7 de marzo de 2017). *Modelos de Efectos Mixtos Aplicaciones en mejoramiento genético con R*. Obtenido de <https://www.researchgate.net>:

https://www.researchgate.net/publication/314392773_Modelos_de_Efectos_Mixtos_-_Aplicaciones_en_mejoramiento_genetico_con_R

Fajardo, Richard. (2013). *Análisis Del Desarrollo Económico En América Latina Y El Comportamiento Del Crecimiento Bajo La Aplicación De Las Políticas Económicas Basadas En La Cepal*. Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada.

Ford, C. (26 de Agosto de 2015). UNIVERSITY OF VIRGINIA LIBRARY. Obtenido de <https://data.library.virginia.edu/understanding-q-q-plots/>

Gallego, Juan (2000). “Aspectos teóricos sobre la salud como determinante del crecimiento económico”. Serie Documentos borradores de investigación, 22. Bogotá: Universidad del Rosario.

Gil O., Armando (2010). “Evidencias teóricas y empíricas de asociación bidireccional entre la salud y el crecimiento económico”. En: Revista Académica e Institucional, Páginas de laUCPR 87, 23 - 34.

Gil Ospina, Armando, Buchelli Lozano, Gerardo, Martínez Jaramillo, Harold (2011). “Relación entre la salud y el ingreso per cápita: revisión de literatura y elaboración del marco teórico”. En: Gestión y Región, N°. 12, (Julio-Diciembre, 2011); pp. 133-158.

Gil O., Armando A. (et al) (2014). “Relación bidireccional entre salud y economía en Colombia. Caso regional”. En: Gestión y Región N°. 17 (Enero-Julio 2014); pp. 55-86

Gómez L, Leguizamón J. (2013). *Evolución Del Gasto Publico En Salud En América Latina Y El Caribe, En El Marco Del Acceso Universal En Salud Y La Cobertura Universal En Salud*. Consultado en 22 de mayo de 2018.

Gómez, O., & Khoshnood, B. (1991). La evolución de la salud internacional en el siglo XX. *Salud Pública de México*, 33(4), 314-329. Obtenido de <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5409/5683>

Gonçalves, E. (2016). *Modelos Matemáticos e Aplicações, Modelos Lineares Mistos*. Lisboa: Universidad de Lisboa.

- Grossman, Michael (1972). "On the Concept of Health Capital and the Demand for Health". En: *Journal of Political Economy*. Extraído de <http://ideas.repec.org/a/ucp/.../v80y1972i2p223-55.html>
- Grossman, G. y Helpman, E. (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, The MIT Press.
- Guzmán, A. (2005). Condiciones de vida de la población y su relación con el comportamiento demográfico. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, (4), 169-177. Recuperado en 12 septiembre de 2018, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-47062005000100010&lng=es&tlng=es.
- Howitt, P. Health, human capital and economic growth: a Schumpeterian perspective. Pan-American Health Organization, 2005.
- JC, P., & Bates, D. (2000). *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. Springer- Verlag.
- Juan Carlos Correa Morales, J. C. (2016). *Introducción a los modelos mixtos*. Medellín: Universidad Nacional sede Medellín.
- Jocelyn E. Finlay, (2006). "Endogenous Longevity and Economic Growth," PGDA Working Papers 0706, Program on the Global Demography of Aging.
- Kalemli-Ozcan, S.; Ryder, H. y Weil, D. "Mortality decline, human capital investment, and economic growth". *Journal of Development Economics* 62 (1). 2000: 1-23.
- Koopmans, T. C. (1965), "On the Concept of Optimal Economic Growth", Cowles Foundation Discussion Paper.
- Liseras, N. (Mayo de 2003). *Análisis de encuestas basado en diseño y modelos muestrales*. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Lucas, Robert (1988), "On the Mechanics of Development Plannings", *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22, No. 1, Pp. 3-42.

- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2003). Venezuela y la educación para todos. Plan Educación para Todos Venezuela. Caracas.
- Monterubbianesi, P. D., & London, S. (2012). Crecimiento económico y trampas de pobreza: El rol de la salud.
- Monterubbianesi, P. (2014). Salud Y Crecimiento Económico: Influencias Teóricas Y Vinculaciones Empíricas. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, P (143), 131-140.
- Morand, Olivier (2005). "Economic Growth, Health, and Longevity in the Very Long Term: Facts and Mechanisms". En *Health and Economic Growth: Findings and Policy Implications*. Londres: The MIT Press.
- Muñoz, Sonia. (2011). Salud y desarrollo en el contexto Latinoamericano. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(2) Recuperado en 25 de mayo de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086434662011000200012&lng=es&tlng=e
- Naciones Unidas. (2007). La infancia y los objetivos de desarrollo del milenio. Recuperado el 2018 de Octubre de 5, de https://www.unicef.org/spanish/publications/files/La_infancia_y_los_objetivos_de_desarrollo_del_milenio.pdf
- OMS. (Mato de 2010). El Programa de Erradicación de la Viruela (1966-1980). Recuperado el 14 de Septiembre de 2018, de <http://www.who.int/features/2010/smallpox/es/>
- OMS. (16 de Mayo de 2016). La esperanza de vida ha aumentado en 5 años desde el año 2000, pero persisten las desigualdades sanitarias. Recuperado el 2018 de Septiembre de 14, de [/life-](#)
- Organización Panamericana de la Salud/OMS (2000). Inversión en salud y crecimiento económico: una perspectiva de América Latina y el Caribe. www.paho.org/Spanish/HDP/HDR/CAIS35-2000-08creci-eco.PDF
- Organización panamericana de salud (PAH). (2012). Salud en Sudamérica, edición de 2012: Panorama de la situación de salud y de las políticas y sistemas de salud. Washington DC. Biblioteca de la sede de OPS/OMS.

- Organización Panamericana de la Salud. (2003). Invertir en salud. Beneficios sociales y económicos. Disponible en: <<http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/727>>
- Ramsey, S. P. (1928), “A Mathematical Theory of Saving”, *Economic Journal*, Vol.38, No. 152, Pp. 543-559.
- Patterson, H.D., Thompson, R. (1971). Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58:545-554.
- PNUD. (2016). Informe Nacional de Desarrollo Humano, Guatemala. Desarrollo Humano, concepto. Recuperado el 11 de Octubre de 2018, de <http://desarrollohumano.org.gt/desarrollo-humano/concepto/>
- PNUD. (2016). Informe Nacional de Desarrollo Humano, Guatemala. Índice de Desarrollo Humano. Recuperado el 11 de Octubre de 2018, de <http://desarrollohumano.org.gt/desarrollo-humano/calculo-de-idh/>
- Rebelo, Sergio (1991), “Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth”, *Journal of Political Economy*, Vol. 99, No. 3, Pp. 500-521.
- Romer, Paul (1986), “Increasing Returns and Long-Run Economic Growth”, *Journal of Political Economy*, Vol. 94, No. 5, Pp. 1002-1037.
- Romer, Paul (1987), “Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization”, *Review of Economic Studies*, Vol. 77, No. 2, Pp. 56-62.
- Romer, Paul (1990), “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, Pp. 71-102.
- Saldías, C. (2017). *Crecimiento Económico Y Equidad: Un Asunto Emergente*. Bogotá. Pie de imprenta.
- Seone, J. (2014). ¿Modelos mixtos (lineales)? Una introducción para el usuario temeroso. *temas actuales de etología*, 15-35.

- Serrano, R. M., & Valcarce, E. V. (2004). Nuevas Técnicas para el Análisis Regional: Una Explicación a las Regiones Europeas. *Investigaciones Regionales*, 83-106.
- Solow, R. M. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1, Pp. 618-631.
- Swan, T. (1956), "Economic Growth and Capital Accumulation", *Economic Record*, Vol. 32, Pp. 334-361.
- Tabata, Ken (2005). "Population aging, the costs of health care for elderly and growth" *Journal of Macroeconomics* 27.
- Temporelli, K., & Viego, V. (2011). Relación entre esperanza de vida e ingreso. Un análisis para América Latina y el Caribe. *Lecturas de Economía*, (74), 61-85.
- UNFPA. (2007). Bolivia: Población, Territorio y Medio Ambiente. Recuperado el 26 de Septiembre de 2018, de <https://www.unfpa.org/sites/default/files/admin-resource/Bolivia-Analisis-de-Situacion-de-la-Poblacion.pdf>
- UNESCO. (1990). Declaración Mundial sobre Educación para Todos y Marco de acción para satisfacer las necesidades básicas de aprendizaje. Recuperado el 10 de Octubre de 2018, de http://www.unesco.org/education/pdf/JOMTIE_S.PDF
- Unicef. (2018). Supervivencia y desarrollo infantil. Recuperado el 30 de Septiembre de 2018, de <https://www.unicef.org/spanish/childsurvival/>
- Van Zon, A. y Muysken, J. "Health as a principal determinant of economic growth". *Health and economic growth: findings and policy implications*. G. López-Casnovas, B. Rivera y L. Currais (Eds.). The mit Press, 2005.
- Villacreses, G. J. (2017). ESTUDIO DEL RENDIMIENTO DE JUGADORES DE FÚTBOL. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Weil, David (2005): "Accounting for the Effect of Health on Economic Growth", NBER Working Papers 11455, National Bureau of Economic Research, Inc. Extraído de: ideas.repec.org/a/nber/wor/11455.html. Consultado en abril de 2018.

WHO, (2015). Expectancy-increased-by-5-years-since-2000-but-health-inequalities-persist.
<http://www.who.int/es/news-room/detail/19-05-2016>

Zhang, Jie; Zhang, Junsen & Lee, Ronald (2003). "Rising longevity, education, savings, and growth". En: *Journal of Development Economics*, 70.

Apéndices

Apéndice A: Esperanza de vida en los países suramericanos y México.

| PAÍS/ AÑO | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Variación 2000- 2014 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|
| Bolivia | 60,69 | 61,26 | 61,83 | 62,40 | 62,97 | 63,54 | 64,11 | 64,69 | 65,27 | 65,85 | 66,41 | 66,94 | 67,45 | 67,92 | 68,35 | 7,66 |
| Mundo | 67,68 | 67,98 | 68,25 | 68,52 | 68,86 | 69,14 | 69,47 | 69,79 | 70,08 | 70,41 | 70,68 | 70,97 | 71,22 | 71,46 | 71,69 | 4,01 |
| Paraguay | 70,07 | 70,34 | 70,60 | 70,84 | 71,07 | 71,29 | 71,49 | 71,69 | 71,90 | 72,10 | 72,30 | 72,49 | 72,65 | 72,80 | 72,93 | 2,86 |
| Colombia | 70,99 | 71,26 | 71,52 | 71,78 | 72,02 | 72,26 | 72,49 | 72,71 | 72,91 | 73,10 | 73,28 | 73,46 | 73,63 | 73,80 | 73,98 | 2,99 |
| Venezuela | 72,35 | 72,58 | 72,78 | 72,94 | 73,09 | 73,20 | 73,30 | 73,39 | 73,48 | 73,57 | 73,68 | 73,79 | 73,93 | 74,07 | 74,23 | 1,88 |
| Perú | 70,51 | 70,96 | 71,38 | 71,78 | 72,14 | 72,46 | 72,75 | 73,00 | 73,23 | 73,45 | 73,65 | 73,85 | 74,06 | 74,27 | 74,49 | 3,98 |
| Brasil | 70,02 | 70,44 | 70,85 | 71,24 | 71,62 | 71,99 | 72,35 | 72,71 | 73,07 | 73,42 | 73,77 | 74,10 | 74,41 | 74,70 | 74,96 | 4,94 |
| Ecuador | 72,94 | 73,23 | 73,49 | 73,73 | 73,94 | 74,14 | 74,32 | 74,50 | 74,67 | 74,85 | 75,03 | 75,23 | 75,43 | 75,64 | 75,86 | 2,92 |
| Argentina | 73,76 | 73,96 | 74,16 | 74,34 | 74,52 | 74,69 | 74,85 | 75,01 | 75,17 | 75,33 | 75,49 | 75,65 | 75,81 | 75,97 | 76,13 | 2,38 |
| México | 74,30 | 74,53 | 74,74 | 74,94 | 75,12 | 75,28 | 75,44 | 75,59 | 75,74 | 75,88 | 76,03 | 76,19 | 76,35 | 76,52 | 76,70 | 2,40 |
| Uruguay | 74,69 | 74,90 | 75,10 | 75,28 | 75,46 | 75,63 | 75,80 | 75,95 | 76,10 | 76,25 | 76,40 | 76,54 | 76,69 | 76,83 | 76,98 | 2,30 |
| Chile | 76,64 | 76,89 | 77,11 | 77,31 | 77,49 | 77,65 | 77,79 | 77,92 | 78,05 | 78,18 | 78,31 | 78,45 | 78,61 | 78,78 | 78,96 | 2,32 |

Nota: Datos extraídos del Banco Mundial.

Apéndice B: Tasa de mortalidad neonatal y tasa de mortalidad en menores de 5 años en los países suramericanos y México.

| | Tasa de mortalidad neonatal | | | Tasa de mortalidad en menores de 5 años | | |
|-----------|-----------------------------|------|-----------|---|------|-----------|
| | 2000 | 2014 | Variación | 2000 | 2014 | Variación |
| Chile | 5,7 | 5,4 | -0,3 | 9,2 | 7,4 | -1,8 |
| Uruguay | 8,4 | 5,1 | -3,3 | 14,8 | 8,1 | -6,7 |
| Argentina | 11,2 | 7 | -4,2 | 17,3 | 10,8 | -6,5 |
| Perú | 16 | 8,1 | -7,9 | 29,5 | 12,9 | -16,6 |
| México | 12,9 | 7,8 | -5,1 | 22,5 | 13,3 | -9,2 |
| Colombia | 13,7 | 9 | -4,7 | 21,2 | 14 | -7,2 |
| Brasil | 17,1 | 8,5 | -8,6 | 31,3 | 14,7 | -16,6 |
| Venezuela | 12 | 10,7 | -1,3 | 18,5 | 14,5 | -4 |
| Paraguay | 17,5 | 11,9 | -5,6 | 27,7 | 18,1 | -9,6 |
| Ecuador | 17,2 | 11,9 | -5,3 | 28,4 | 18,9 | -9,5 |
| Bolivia | 30,2 | 20 | -10,2 | 58,5 | 31,5 | -27 |

Nota: Datos extraídos de la CEPAL.

Apéndice C: Tasa de fertilidad total en los países suramericanos y México.

| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Variación 2000 - 2014 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| Brasil | 2,30 | 2,23 | 2,16 | 2,10 | 2,03 | 1,98 | 1,93 | 1,88 | 1,85 | 1,82 | 1,81 | 1,79 | 1,78 | 1,77 | 1,75 | -0,55 |
| Chile | 2,11 | 2,07 | 2,05 | 2,02 | 2,00 | 1,98 | 1,96 | 1,95 | 1,93 | 1,90 | 1,88 | 1,86 | 1,83 | 1,82 | 1,80 | -0,31 |
| Colombia | 2,39 | 2,35 | 2,31 | 2,27 | 2,24 | 2,20 | 2,16 | 2,12 | 2,08 | 2,04 | 2,01 | 1,98 | 1,95 | 1,92 | 1,90 | -0,49 |
| Uruguay | 2,24 | 2,22 | 2,21 | 2,19 | 2,17 | 2,16 | 2,14 | 2,13 | 2,11 | 2,09 | 2,08 | 2,06 | 2,05 | 2,03 | 2,02 | -0,22 |
| Argentina | 2,56 | 2,54 | 2,52 | 2,50 | 2,47 | 2,45 | 2,43 | 2,41 | 2,40 | 2,38 | 2,37 | 2,36 | 2,35 | 2,34 | 2,32 | -0,24 |
| Venezuela | 2,82 | 2,78 | 2,74 | 2,70 | 2,66 | 2,63 | 2,60 | 2,56 | 2,53 | 2,50 | 2,47 | 2,44 | 2,42 | 2,39 | 2,37 | -0,46 |
| Perú | 2,93 | 2,87 | 2,82 | 2,77 | 2,73 | 2,68 | 2,65 | 2,62 | 2,59 | 2,57 | 2,55 | 2,53 | 2,50 | 2,48 | 2,46 | -0,47 |
| Ecuador | 3,03 | 2,97 | 2,91 | 2,87 | 2,83 | 2,79 | 2,76 | 2,74 | 2,71 | 2,68 | 2,66 | 2,63 | 2,60 | 2,57 | 2,54 | -0,49 |
| Paraguay | 3,55 | 3,43 | 3,32 | 3,21 | 3,12 | 3,04 | 2,97 | 2,91 | 2,85 | 2,79 | 2,73 | 2,68 | 2,63 | 2,58 | 2,54 | -1,01 |
| Bolivia | 4,06 | 3,96 | 3,87 | 3,77 | 3,68 | 3,60 | 3,51 | 3,43 | 3,35 | 3,27 | 3,20 | 3,13 | 3,07 | 3,02 | 2,97 | -1,09 |

Nota: Datos extraídos del Banco Mundial.

Apéndice D: Prevalencia de desnutrición (% de la población) en los países suramericanos y México.

| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Variación 2000 - 2014 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| Uruguay | 4,2 | 4,1 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 4,3 | 4 | 3,5 | 3 | 2,7 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | -1,7 |
| Brasil | 12,0 | 10,6 | 8,7 | 6,9 | 5,5 | 4,5 | 3,8 | 3,1 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | -9,5 |
| Argentina | 3,5 | 4,1 | 4,9 | 5,3 | 5,2 | 4,7 | 4,4 | 4,2 | 4,1 | 4,1 | 4,0 | 3,9 | 3,7 | 3,6 | 3,4 | -0,1 |
| Chile | 4,7 | 4,4 | 4,2 | 4,1 | 4,0 | 4,0 | 3,9 | 4,0 | 4,1 | 4,3 | 4,2 | 4,1 | 3,9 | 3,8 | 3,8 | -0,9 |
| México | 4,4 | 4,4 | 4,8 | 5,5 | 5,7 | 5,5 | 5 | 4,7 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 0 |
| Paraguay | 21,8 | 21,7 | 22,3 | 22,6 | 21,6 | 19,6 | 17,6 | 15,7 | 14,2 | 12,6 | 11,2 | 10,1 | 9 | 8,3 | 7,6 | -14,2 |
| Colombia | 9,7 | 9,4 | 9,2 | 9,2 | 9,3 | 9,7 | 9,6 | 9,3 | 9,5 | 10,4 | 11,1 | 10,9 | 10,0 | 8,8 | 7,7 | -2 |
| Venezuela | 16,4 | 16,3 | 16,9 | 15,2 | 13,1 | 10,5 | 8,4 | 6 | 4 | 3,1 | 3,1 | 3,7 | 4,7 | 6,5 | 9,1 | -7,3 |
| Mundo | 14,8 | 14,8 | 14,9 | 14,8 | 14,6 | 14,1 | 13,5 | 12,9 | 12,3 | 11,9 | 11,5 | 11,2 | 11 | 10,8 | 10,7 | -4,1 |
| Ecuador | 18,5 | 18,8 | 18,9 | 18,6 | 17,7 | 17,0 | 16,2 | 15,6 | 14,6 | 13,5 | 12,2 | 11,7 | 11,5 | 11,7 | 11,9 | -6,6 |
| Perú | 12,9 | 12,2 | 11,5 | 11,0 | 11,2 | 11,9 | 12,4 | 12,6 | 12,8 | 12,7 | 12,2 | 11,9 | 12,0 | 12,3 | 12,4 | -0,5 |
| Bolivia | 33,4 | 31,6 | 31,2 | 31,4 | 31,4 | 30,3 | 28,7 | 28,0 | 28,1 | 28,0 | 26,5 | 24,6 | 23,1 | 21,9 | 20,8 | -12,6 |

Nota: Datos extraídos del Banco Mundial.

Apéndice E: código ejecutado para la estructura modular REML el programa R Project**3.5.1**

```
> formula(MODELMIX3)
log(PIBPA) ~ ESVN + TMORNE + TMORME5 + PREDESNUT + factor(PAIS) +
  (1 | AÑO) - 1
> FORM <- lFormula(formula =log(PIBPA) ~ ESVN + TMORNE + TMORME5 +
PREDESNUT + factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1, data=DATSA)
> summary(FORM)
      Length Class      Mode
fr      7  data.frame list
X     2475 -none-  numeric
reTrms  9  -none-  list
REML    1  -none-  logical
formula 3  formula  call
wmsgs   0  -none-  character
> DEVFUN<-do.call(mkLmerDevfun, FORM)
> summary(DEVFUN)
Error in object[[i]] : objeto de tipo 'closure' no es subconjunto
> opt <- optimizeLmer(DEVFUN)
> mkMerMod(rho = environment(DEVFUN), opt = opt,reTrms=FORM$reTrms, fr=FORM$fr)
```

Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']

REML criterion at convergence: -35.491

Random effects:

| Groups | Name | Std.Dev. |
|--------|-------------|----------|
| AÑO | (Intercept) | 0.3553 |
| | Residual | 0.1510 |

Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed Effects:

| ESVN | TMORNE | TMORME5 | PREDESNUT | factor(PAIS)1 |
|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 0.24037 | -0.05886 | 0.07247 | -0.02599 | 7.97802 |
| factor(PAIS)2 | factor(PAIS)3 | factor(PAIS)4 | factor(PAIS)5 | factor(PAIS)6 |
| 6.90800 | 9.67116 | 6.85020 | 8.16534 | 6.28764 |
| factor(PAIS)7 | factor(PAIS)8 | factor(PAIS)9 | factor(PAIS)10 | factor(PAIS)11 |
| 8.85062 | 7.42051 | 5.73863 | 5.42828 | 8.15309 |

**Apéndice F: Código ejecutado para la estimación modelo de efectos mixtos en el programa
r Project.**

```
> library("lme4")
```

```
Loading required package: Matrix
```

```
> formula(MODELMIX)
```

```
log(PIBPA) ~ ESVN + GSPIB + TFERTI + TMORNE + TMORME5 + PREDESNUT +  
  factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1
```

```
> formula(MODELMIX2)
```

```
log(PIBPA) ~ ESVN + TFERTI + TMORNE + TMORME5 + PREDESNUT + factor(PAIS) +  
  (1 | AÑO) - 1
```

```
> formula(MODELMIX3)
```

```
log(PIBPA) ~ ESVN + TMORNE + TMORME5 + PREDESNUT + factor(PAIS) +  
  (1 | AÑO) - 1
```

```
> summary(MODELMIX)
```

```
Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']
```

```
Formula: log(PIBPA) ~ ESVN + GSPIB + TFERTI + TMORNE + TMORME5 + PREDESNUT
```

```
+
```

```
  factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1
```

```
Data: DATSA
```

```
REML criterion at convergence: -31
```

Scaled residuals:

| Min | 1Q | Median | 3Q | Max |
|----------|----------|---------|---------|---------|
| -3.02294 | -0.55157 | 0.00412 | 0.54429 | 2.84393 |

Random effects:

| Groups | Name | Variance | Std.Dev. |
|----------|-------------|----------|----------|
| AÑO | (Intercept) | 0.13934 | 0.3733 |
| Residual | | 0.02239 | 0.1496 |

Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed effects:

| | Estimate | Std. Error | t value |
|---------------|-----------|------------|---------|
| ESVN | 0.266655 | 0.068878 | 3.871 |
| GSPIB | 0.012198 | 0.014178 | 0.860 |
| TFERTI | 0.425939 | 0.246727 | 1.726 |
| TMORNE | -0.050030 | 0.027302 | -1.832 |
| TMORME5 | 0.065220 | 0.020818 | 3.133 |
| PREDESNUT | -0.031494 | 0.006926 | -4.547 |
| factor(PAIS)1 | 4.936585 | 5.543400 | 0.891 |
| factor(PAIS)2 | 3.913195 | 5.287772 | 0.740 |
| factor(PAIS)3 | 6.910498 | 5.445615 | 1.269 |
| factor(PAIS)4 | 3.922490 | 5.616643 | 0.698 |
| factor(PAIS)5 | 5.352691 | 5.392488 | 0.993 |
| factor(PAIS)6 | 3.210877 | 5.643545 | 0.569 |
| factor(PAIS)7 | 5.816494 | 5.623154 | 1.034 |

```
factor(PAIS)8 4.424941 5.473629 0.808
```

```
factor(PAIS)9 2.621028 5.460188 0.480
```

```
factor(PAIS)10 2.462212 5.547246 0.444
```

```
factor(PAIS)11 5.139083 5.456600 0.942
```

Correlation matrix not shown by default, as $p = 17 > 12$.

Use `print(x, correlation=TRUE)` or

```
vcov(x)    if you need it
```

```
> summary(MODELMIX2)
```

Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']

Formula:

```
log(PIBPA) ~ ESVN + TFERTI + TMORNE + TMORME5 + PREDESNUT + factor(PAIS) +
```

```
(1 | AÑO) - 1
```

Data: DATSA

REML criterion at convergence: -36.9

Scaled residuals:

| Min | 1Q | Median | 3Q | Max |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| -3.1912 | -0.5587 | 0.0160 | 0.4946 | 3.0335 |

Random effects:

| Groups | Name | Variance | Std.Dev. |
|--------|------|----------|----------|
|--------|------|----------|----------|

| | | | |
|-----|-------------|---------|--------|
| AÑO | (Intercept) | 0.13845 | 0.3721 |
|-----|-------------|---------|--------|

| | | | |
|----------|--|---------|--------|
| Residual | | 0.02236 | 0.1495 |
|----------|--|---------|--------|

Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed effects:

Estimate Std. Error t value

| | | | |
|----------------|----------|---------|--------|
| ESVN | 0.26324 | 0.06870 | 3.832 |
| TFERTI | 0.38448 | 0.24191 | 1.589 |
| TMORNE | -0.05402 | 0.02690 | -2.008 |
| TMORME5 | 0.06727 | 0.02068 | 3.253 |
| PREDESNUT | -0.03235 | 0.00685 | -4.723 |
| factor(PAIS)1 | 5.38726 | 5.51305 | 0.977 |
| factor(PAIS)2 | 4.38105 | 5.25446 | 0.834 |
| factor(PAIS)3 | 7.34492 | 5.41670 | 1.356 |
| factor(PAIS)4 | 4.36228 | 5.58772 | 0.781 |
| factor(PAIS)5 | 5.78360 | 5.36379 | 1.078 |
| factor(PAIS)6 | 3.67396 | 5.61220 | 0.655 |
| factor(PAIS)7 | 6.25508 | 5.59444 | 1.118 |
| factor(PAIS)8 | 4.85975 | 5.44484 | 0.893 |
| factor(PAIS)9 | 3.11028 | 5.42494 | 0.573 |
| factor(PAIS)10 | 2.92238 | 5.51578 | 0.530 |
| factor(PAIS)11 | 5.57449 | 5.42768 | 1.027 |

Correlation matrix not shown by default, as $p = 16 > 12$.

Use `print(x, correlation=TRUE)` or

`vcov(x)` if you need it

`> summary(MODELMIX3)`

Linear mixed model fit by REML [lmerMod]

Formula: $\log(\text{PIBPA}) \sim \text{ESVN} + \text{TMORNE} + \text{TMORME5} + \text{PREDESNUT} + \text{factor(PAIS)} +$

(1 | AÑO) - 1

Data: DATSA

REML criterion at convergence: -35.5

Scaled residuals:

| Min | 1Q | Median | 3Q | Max |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| -3.1824 | -0.5516 | 0.0135 | 0.4951 | 2.8904 |

Random effects:

| Groups | Name | Variance | Std.Dev. |
|----------|-------------|----------|----------|
| AÑO | (Intercept) | 0.12622 | 0.3553 |
| Residual | | 0.02281 | 0.1510 |

Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed effects:

| | Estimate | Std. Error | t value |
|---------------|-----------|------------|---------|
| ESVN | 0.240366 | 0.066899 | 3.593 |
| TMORNE | -0.058856 | 0.027047 | -2.176 |
| TMORME5 | 0.072470 | 0.020703 | 3.500 |
| PREDESNUT | -0.025995 | 0.005551 | -4.683 |
| factor(PAIS)1 | 7.978017 | 5.222667 | 1.528 |
| factor(PAIS)2 | 6.907999 | 4.969641 | 1.390 |
| factor(PAIS)3 | 9.671157 | 5.179789 | 1.867 |
| factor(PAIS)4 | 6.850200 | 5.322971 | 1.287 |
| factor(PAIS)5 | 8.165335 | 5.112685 | 1.597 |
| factor(PAIS)6 | 6.287635 | 5.323685 | 1.181 |

```
factor(PAIS)7 8.850618 5.307366 1.668
```

```
factor(PAIS)8 7.420507 5.158597 1.438
```

```
factor(PAIS)9 5.738635 5.123081 1.120
```

```
factor(PAIS)10 5.428282 5.243840 1.035
```

```
factor(PAIS)11 8.153091 5.136100 1.587
```

Correlation matrix not shown by default, as $p = 15 > 12$.

Use `print(x, correlation=TRUE)` or

`vcov(x)` if you need it

```
> PRUEBA NORMALIDAD
```

```
> resid(MODELMIX3)
```

```
> qqnorm(resid(MODELMIX3))
```

```
> qqline(resid(MODELMIX3), col="2")
```

**Apéndice G.: Código para la estimación de los coeficientes del modelo de efectos mixtos
(`modelmix3`) en el `programs r project 2.5.1`.**

```
> coef(MODELMIX3)
$`AÑO`
  (Intercept)  ESVN  TMORNE  TMORME5  PREDESNUT factor(PAIS)1
2000 -0.27354080 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2001 -0.31689656 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2002 -0.50902387 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2003 -0.50626670 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2004 -0.36753667 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2005 -0.22864391 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2006 -0.10318933 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2007 0.03072513 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2008 0.18848930 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2009 0.12231120 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2010 0.28763408 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2011 0.38388591 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2012 0.41314208 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2013 0.44000465 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
2014 0.43890549 0.2403661 -0.05885628 0.07246984 -0.02599458 7.978017
```

| | factor(PAIS)2 | factor(PAIS)3 | factor(PAIS)4 | factor(PAIS)5 | factor(PAIS)6 |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2000 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2001 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2002 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2003 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2004 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2005 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2006 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2007 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2008 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2009 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2010 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2011 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2012 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2013 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |
| 2014 | 6.907999 | 9.671157 | 6.8502 | 8.165335 | 6.287635 |

| | factor(PAIS)7 | factor(PAIS)8 | factor(PAIS)9 | factor(PAIS)10 | factor(PAIS)11 |
|------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| 2000 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2001 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2002 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2003 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2004 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2005 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |

| | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2006 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2007 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2008 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2009 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2010 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2011 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2012 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2013 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |
| 2014 | 8.850618 | 7.420507 | 5.738635 | 5.428282 | 8.153091 |

Apéndice H: Años promedio de escolaridad en los países suramericanos y México.

| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Variación 2000 - 2014 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| Brasil | 5,6 | 5,8 | 6,0 | 6,2 | 6,2 | 6,3 | 6,4 | 6,5 | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7,1 | 7,3 | 7,4 | 7,4 | 1,8 |
| Colombia | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,6 | 6,8 | 6,7 | 7,2 | 7,3 | 7,3 | 7,4 | 7,5 | 7,6 | 7,8 | 8,0 | 1,5 |
| Perú | 5,9 | 6,2 | 6,5 | 7,0 | 7,1 | 7,3 | 7,1 | 7,1 | 7,4 | 7,0 | 7,7 | 7,8 | 7,8 | 8,3 | 8,2 | 2,3 |
| México | 6,7 | 6,8 | 7,0 | 7,1 | 7,4 | 7,6 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,2 | 8,0 | 8,4 | 8,6 | 8,4 | 8,4 | 1,7 |
| Ecuador | 7,0 | 7,0 | 7,1 | 7,1 | 7,2 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 8,0 | 8,1 | 8,3 | 8,5 | 1,5 |
| Bolivia | 7,4 | 7,3 | 7,2 | 7,1 | 7,1 | 7,0 | 7,3 | 7,1 | 7,6 | 7,9 | 7,8 | 8,0 | 8,3 | 8,4 | 8,5 | 1,1 |
| Uruguay | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,2 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 8,5 | 8,5 | 8,6 | 0,6 |
| Paraguay | 8,0 | 8,1 | 8,3 | 8,4 | 8,6 | 8,7 | 8,1 | 8,1 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 9,1 | 8,6 | 8,8 | 9,4 | 1,4 |
| Argentina | 9,1 | 9,1 | 9,2 | 9,3 | 9,2 | 9,1 | 9,0 | 8,9 | 8,9 | 9,3 | 9,8 | 9,8 | 9,8 | 9,8 | 9,8 | 0,7 |
| Venezuela | 6,4 | 6,4 | 6,8 | 7,0 | 7,2 | 7,4 | 7,6 | 8,1 | 8,2 | 8,3 | 8,9 | 9,8 | 9,7 | 9,9 | 10,0 | 3,6 |
| Chile | 8,8 | 9,0 | 9,2 | 9,4 | 9,6 | 9,5 | 9,5 | 9,4 | 9,9 | 9,9 | 9,8 | 9,8 | 9,9 | 9,9 | 10,1 | 1,3 |

Nota: Datos extraídos del PNUD.

Apéndice I: Índice desarrollo humano en los países suramericanos y México para los años.

| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | Promedio | Variación 2000 - 2014 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|-----------------------------|
| Bolivia | 0,61 | 0,61 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 0,63 | 0,63 | 0,64 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,6 | 0,07 |
| Perú | 0,62 | 0,63 | 0,64 | 0,64 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,70 | 0,70 | 0,7 | 0,07 |
| Colombia | 0,65 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 0,73 | 0,74 | 0,74 | 0,7 | 0,09 |
| Ecuador | 0,67 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 0,73 | 0,74 | 0,7 | 0,07 |
| Paraguay | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,7 | 0,07 |
| Brasil | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,71 | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,75 | 0,7 | 0,07 |
| México | 0,70 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 0,72 | 0,73 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,7 | 0,06 |
| Venezuela | 0,67 | 0,68 | 0,69 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 0,73 | 0,74 | 0,75 | 0,75 | 0,76 | 0,77 | 0,77 | 0,78 | 0,78 | 0,7 | 0,11 |
| Uruguay | 0,74 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,77 | 0,78 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,80 | 0,8 | 0,06 |
| Chile | 0,76 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,79 | 0,80 | 0,81 | 0,80 | 0,81 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,83 | 0,8 | 0,07 |
| Argentina | 0,77 | 0,78 | 0,77 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,79 | 0,79 | 0,80 | 0,80 | 0,81 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,8 | 0,05 |

Nota: Datos extraídos del PNUD.

**Apéndice J: Código para la estimación del modelo de efectos mixtos con variables sociales
en el programa R project 3.5.1.**

```
> library("lme4")
```

```
Loading required package: Matrix
```

```
> DATSA2<-read.delim("clipboard",header=T,dec=",");str(DATSA2)
```

```
> str(DATSA)
```

```
'data.frame': 165 obs. of 9 variables:
```

```
$ PAIS : int 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
```

```
$ AÑO : int 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 ...
```

```
$ ESVN : num 73.8 74 74.2 74.3 74.5 ...
```

```
$ GSPIB : num 9.21 9.38 8.31 8.22 6.84 ...
```

```
$ TFERTI : num 2.56 2.54 2.52 2.5 2.47 ...
```

```
$ TMORNE : num 11.2 11 10.7 10.2 9.7 9.2 8.7 8.3 8.1 7.8 ...
```

```
$ TMORME5 : num 17.3 16.7 16.2 15.7 15.2 14.8 14.4 14.1 13.7 13.4 ...
```

```
$ PREDESNUT: num 3.5 4.1 4.9 5.3 5.2 4.7 4.4 4.2 4.1 4.1 ...
```

```
$ PIBPA : num 2.84e+11 2.69e+11 9.77e+10 1.28e+11 1.65e+11 ...
```

```
> head(DATSA2)
```

```
PAIS AÑO APES IDH
```

```
1 1 2000 9.1 0.771
```

```
2 1 2001 9.1 0.776
```

```
3 1 2002 9.2 0.769
```

```
4 1 2003 9.3 0.775
```

```
5 1 2004 9.2 0.780
```

```
6 1 2005 9.1 0.782
```

```
> names(DATSA2)
```

```
[1] "PAIS" "AÑO" "APES" "IDH"
```

```
> summary(DATSA2)
```

```
    PAIS    AÑO    APES    IDH
Min. : 1  Min. :2000  Min. : 5.600  Min. :0.6080
1st Qu.: 3  1st Qu.:2003  1st Qu.: 7.100  1st Qu.:0.6840
Median : 6  Median :2007  Median : 8.000  Median :0.7190
Mean   : 6  Mean   :2007  Mean   : 7.964  Mean   :0.7217
3rd Qu.: 9  3rd Qu.:2011  3rd Qu.: 8.600  3rd Qu.:0.7610
Max.   :11  Max.   :2014  Max.   :10.100  Max.   :0.8330
```

```
> DATSA2<-read.delim("clipboard",header=T,dec=",");str(DATSA2)
```

```
'data.frame': 165 obs. of 5 variables:
```

```
$ PAIS : int 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
```

```
$ AÑO : int 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 ...
```

```
$ APES : num 9.1 9.1 9.2 9.3 9.2 9.1 9 8.9 8.9 9.3 ...
```

```
$ IDH : num 0.771 0.776 0.769 0.775 0.78 0.782 0.787 0.792 0.795 0.799 ...
```

```
$ PIBPA: num 2.84e+11 2.69e+11 9.77e+10 1.28e+11 1.65e+11 ...
```

```
> MODEL MIXSOC<-(lmer(log(PIBPA)~APES+IDH+factor(PAIS)+(1|AÑO)-1,
data=DATSA2))
```

> summary(MODELMIXSOC)

Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']

Formula: log(PIBPA) ~ APES + IDH + factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1

Data: DATSA2

REML criterion at convergence: -63

Scaled residuals:

| Min | 1Q | Median | 3Q | Max |
|----------|----------|---------|---------|---------|
| -3.09832 | -0.49799 | 0.04571 | 0.53606 | 2.50036 |

Random effects:

| Groups | Name | Variance | Std.Dev. |
|----------|-------------|----------|----------|
| AÑO | (Intercept) | 0.04697 | 0.2167 |
| Residual | | 0.02425 | 0.1557 |

Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed effects:

| | Estimate | Std. Error | t value |
|---------------|----------|------------|---------|
| APES | -0.1434 | 0.0506 | -2.834 |
| IDH | 16.2203 | 2.0707 | 7.833 |
| factor(PAIS)1 | 14.8494 | 1.3575 | 10.939 |
| factor(PAIS)2 | 14.1328 | 1.0872 | 12.999 |
| factor(PAIS)3 | 17.2125 | 1.2680 | 13.574 |
| factor(PAIS)4 | 14.1822 | 1.3537 | 10.477 |
| factor(PAIS)5 | 15.6970 | 1.2188 | 12.879 |
| factor(PAIS)6 | 14.3170 | 1.2188 | 11.747 |

```
factor(PAIS)7 16.7771 1.2774 13.134
```

```
factor(PAIS)8 15.6814 1.1407 13.748
```

```
factor(PAIS)9 13.0690 1.2047 10.849
```

```
factor(PAIS)10 12.7510 1.3314 9.577
```

```
factor(PAIS)11 15.3651 1.2633 12.162
```

Correlation matrix not shown by default, as $p = 13 > 12$.

Use `print(x, correlation=TRUE)` or

```
vcov(x) if you need it
```

```
> coef(MODELMIXSOC)
```

```
> qqnorm(resid(MODELMIXSOC))
```

```
> qqline(resid(MODELMIXSOC), col="3")
```

```
> formula(MODELMIXSOC)
```

```
log(PIBPA) ~ APES + IDH + factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1
```

```
> MODELMIXSOC2<-(lmer(log(PIBPA)~APES+factor(PAIS)+(1|AÑO)-1, data=DATSA2))
```

```
> summary(MODELMIXSOC2)
```

Linear mixed model fit by REML [`lmerMod`]

Formula: `log(PIBPA) ~ APES + factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1`

Data: DATSA2

REML criterion at convergence: -23.9

Scaled residuals:

| Min | 1Q | Median | 3Q | Max |
|----------|----------|---------|---------|---------|
| -3.02179 | -0.48428 | 0.02304 | 0.51095 | 2.83132 |

Random effects:

Groups Name Variance Std.Dev.

AÑO (Intercept) 0.21927 0.4683

Residual 0.02678 0.1637

Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed effects:

Estimate Std. Error t value

APES 0.07030 0.03937 1.786

factor(PAIS)1 25.73889 0.38938 66.102

factor(PAIS)2 22.84650 0.32547 70.195

factor(PAIS)3 27.37935 0.28875 94.820

factor(PAIS)4 25.03883 0.39832 62.862

factor(PAIS)5 25.47338 0.30676 83.041

factor(PAIS)6 24.09400 0.32523 74.083

factor(PAIS)7 27.02603 0.33175 81.464

factor(PAIS)8 24.82950 0.31201 79.579

factor(PAIS)9 22.72723 0.35807 63.471

factor(PAIS)10 23.43404 0.34829 67.284

factor(PAIS)11 25.50032 0.34414 74.098

> coef(MODELMIXSOC2)

> summary(MODELMIXSOC2)

Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']

Formula: log(PIBPA) ~ APES + factor(PAIS) + (1 | AÑO) - 1

Data: DATSA2

REML criterion at convergence: -23.9

Scaled residuals:

| Min | 1Q | Median | 3Q | Max |
|----------|----------|---------|---------|---------|
| -3.02179 | -0.48428 | 0.02304 | 0.51095 | 2.83132 |

Random effects:

| Groups | Name | Variance | Std.Dev. |
|----------|-------------|----------|----------|
| AÑO | (Intercept) | 0.21927 | 0.4683 |
| Residual | | 0.02678 | 0.1637 |

Number of obs: 165, groups: AÑO, 15

Fixed effects:

| | Estimate | Std. Error | t value |
|---------------|----------|------------|---------|
| APES | 0.07030 | 0.03937 | 1.786 |
| factor(PAIS)1 | 25.73889 | 0.38938 | 66.102 |
| factor(PAIS)2 | 22.84650 | 0.32547 | 70.195 |
| factor(PAIS)3 | 27.37935 | 0.28875 | 94.820 |
| factor(PAIS)4 | 25.03883 | 0.39832 | 62.862 |
| factor(PAIS)5 | 25.47338 | 0.30676 | 83.041 |
| factor(PAIS)6 | 24.09400 | 0.32523 | 74.083 |
| factor(PAIS)7 | 27.02603 | 0.33175 | 81.464 |
| factor(PAIS)8 | 24.82950 | 0.31201 | 79.579 |
| factor(PAIS)9 | 22.72723 | 0.35807 | 63.471 |

```
factor(PAIS)10 23.43404 0.34829 67.284
```

```
factor(PAIS)11 25.50032 0.34414 74.098
```

```
> coef(MODELMIXSOC2)
```

```
> resid(MODELMIXSOC2)
```

PRUEBA DE NORMALIDAD

```
>qqnorm(resid(MODELMIXSOC2))
```

```
>qqline(resid(MODELMIXSOC2), col="3")
```

Apéndice K: Producto interno bruto (precios actuales)

| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Uruguay | 228232 55802 | 208987 88417 | 136064 94599 | 120456 31093 | 136863 29890 | 173628 57684 | 195794 57966 | 234105 72622 | 303662 13095 | 316609 11290 | 402844 81662 | 479624 39293 | 512643 90121 | 575312 33351 | 572360 13078 |
| Brasil | 6,554E +11 | 5,594E +11 | 5,080E +11 | 5,583E +11 | 6,693E +11 | 8,916E +11 | 1,108E +12 | 1,397E +12 | 1,696E +12 | 1,667E +12 | 2,209E +12 | 2,616E +12 | 2,465E +12 | 2,473E +12 | 2,456E +12 |
| Argentina | 2,84E+ 11 | 2,69E+ 11 | 9,77E+ 10 | 1,28E+ 11 | 1,65E+ 11 | 1,99E+ 11 | 2,33E+ 11 | 2,88E+ 11 | 3,62E+ 11 | 3,33E+ 11 | 4,24E+ 11 | 5,30E+ 11 | 5,46E+ 11 | 5,52E+ 11 | 5,26E+ 11 |
| Chile | 778609 32152 | 709799 23960 | 697368 11435 | 756434 59840 | 992103 92858 | 1,22965 E+11 | 1,54788 E+11 | 1,73606 E+11 | 1,79638 E+11 | 1,72389 E+11 | 2,18538 E+11 | 2,52252 E+11 | 2,67122 E+11 | 2,78384 E+11 | 2,6099 E+11 |
| México | 6,83648 E+11 | 7,24704 E+11 | 7,4156 E+11 | 7,13284 E+11 | 7,70268 E+11 | 8,66346 E+11 | 9,65281 E+11 | 1,04347 E+12 | 1,10128 E+12 | 8,94949 E+11 | 1,05113 E+12 | 1,17119 E+12 | 1,1866 E+12 | 1,26198 E+12 | 1,29846 E+12 |
| Paraguay | 819599 3231 | 766259 5076 | 632515 1760 | 658810 3836 | 803387 7360 | 873465 3809 | 106461 57920 | 137949 10634 | 185041 30753 | 159299 02138 | 200305 28043 | 250996 81461 | 245953 19574 | 289659 06502 | 308811 66852 |
| Colombia | 998865 77331 | 982035 46156 | 979333 91976 | 946845 84163 | 1,17075 E+11 | 1,46566 E+11 | 1,6259 E+11 | 2,07416 E+11 | 2,43982 E+11 | 2,33822 E+11 | 2,87018 E+11 | 3,35415 E+11 | 3,6966 E+11 | 3,80192 E+11 | 3,78196 E+11 |
| Venezuela | 1,17141 E+11 | 1,22904 E+11 | 928935 87734 | 836206 28582 | 1,12453 E+11 | 1,4551 E+11 | 1,83478 E+11 | 2,30364 E+11 | 3,15953 E+11 | 3,29788 E+11 | 3,93191 E+11 | 3,16482 E+11 | 3,81286 E+11 | 3,71006 E+11 | 4,82359 E+11 |
| Ecuador | 183277 64882 | 244683 24000 | 285489 45000 | 324328 59000 | 365916 61000 | 415070 85000 | 468020 44000 | 510077 77000 | 617626 35000 | 625196 86000 | 695553 67000 | 792766 64000 | 879245 44000 | 951296 59000 | 1,01726 E+11 |
| Perú | 517447 49133 | 520301 58775 | 547775 53515 | 587310 30122 | 667687 03498 | 760606 06061 | 886431 93062 | 1,02171 E+11 | 1,20551 E+11 | 1,20823 E+11 | 1,47529 E+11 | 1,71762 E+11 | 1,92649 E+11 | 2,01218 E+11 | 2,0105 E+11 |
| Bolivia | 839791 2509 | 814153 7938 | 790548 5216 | 808236 4868 | 877345 1739 | 954907 7869 | 114518 69165 | 131201 59976 | 166743 24634 | 173399 92165 | 196496 31308 | 239630 33444 | 270844 97540 | 306593 38929 | 329961 87988 |

Nota: Datos extraídos del Banco Mundial.