

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS

FACTORES DEMOGRÁFICOS Y ECONÓMICOS QUE AFECTAN A LA TASA DE LETALIDAD PRODUCIDA POR EL VIRUS SARS-COV-2 A NIVEL MUNDIAL

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ILLESCAS NAVARRETE EYMY CORALIA

eymy.illescas@epn.edu.ec

DIRECTORA: GRACE CAROLINA GUEVARA ROSERO, Ph.D.

carolina.guevara@epn.edu.ec

CO-DIRECTORA: CINTYA CATALINA LANCHIMBA LÓPEZ, Ph.D.

cintya.lanchimba@epn.edu.ec

Quito, febrero 2022

DECLARACIÓN

Yo, Eymy Coralia Illescas Navarrete declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Eymy Coralia Illescas Navarrete

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Eymy Coralia Illescas Navarrete, bajo nuestra supervisión.

Grace Carolina Guevara Rosero, Ph.D.

DIRECTORA

Cintya Catalina Lanchimba López, Ph.D

CO-DIRECTORA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios, por demostrarme su amor con la salud y unión de mi familia. A mis padres, Edison Naveda y Beronica Navarrete por ser mi apoyo en todos los ámbitos de mi vida y celebrar cada uno de mis logros. A mi hermano por ser incondicional en los momentos más complejos. A Ricardo por ser mi compañero. A las amistades que hice durante mi estadía en la institución que me brindaron momentos inolvidables. A mi tutora, Dra Carolina Guevara, por siempre mostrarse dispuesta a ayudarme, tener paciencia y darme su apoyo en todo este proceso. Y, finalmente a mis tíos y primos que son parte fundamental en mi vida.

Eymy

DEDICATORIA

A mis padres, por siempre creer en mí y darme ánimos para continuar. Gracias por sus cuidados, su esfuerzo y su amor incondicional. Gracias por ser mis padres.

Eymy

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE PRELIMINAR

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XII

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I Introducción.....	1
Capítulo II Revisión de literatura	4
2. Factores que inciden en la letalidad por COVID-19 en los países	4
2.1. Variables de carácter pandémico	4
2.1.1. Tasa de crecimiento de contagio.....	4
2.1.2. Índice de restricción.....	4
2.2. Características Subyacentes	5
2.2.1. Variables Demográficas	5
2.2.1.1. Estructura etaria de la población.....	5
2.2.1.2. Densidad Poblacional.....	5

2.2.2.	<i>Variables de Capacidad sanitaria</i>	6
2.2.2.1.	Número de camas de hospital.	6
2.2.2.2.	Número de médicos.	6
2.2.3.	<i>Variables Económicas</i>	7
2.2.4.	<i>Variable efectividad de gobierno</i>	8
Capítulo III Datos y Metodología		9
3.1.	Datos	9
3.2.	Variables	11
3.2.1.	<i>Variable Endógena</i>	11
3.2.2.	<i>Variables explicativas</i>	12
3.3.	Metodología	15
3.3.1.	<i>Fase 1</i>	16
3.3.1.1.	Clustering K-medias.	16
3.3.2.	<i>Fase 2</i>	17
3.3.2.1.	Modelo Tobit.	17
3.3.2.2.	Regresión Lineal Múltiple.	21
3.3.2.3.	Validación del Modelo.....	21
3.3.2.3.1.	<i>Multicolinealidad</i>	22
3.3.2.3.2.	<i>Variable Omitida</i>	23
3.3.2.3.3.	<i>Homocedasticidad</i>	24
3.3.2.3.4.	<i>Normalidad de los residuos</i>	25
Capítulo IV Resultados		27
Capítulo V Conclusiones		42
5.1.	Limitaciones.....	44

6. Referencias Bibliográficas	45
7. Anexos.....	52
Anexo 1. Ilustraciones de la detección de atípicos mediante residuos estudentizados	52
Anexo 1.1. Residuos estudentizados del grupo 1 y 2 para el periodo de 120 días..	52
Anexo 1.2. Residuos estudentizados del grupo 1 y 2 para el periodo de 150 días..	52
Anexo 1.3. Residuos estudentizados del grupo 3 para el periodo de 30 días.....	53
Anexo 1.4. Residuos estudentizados del grupo 3 para el periodo de 60 días.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Histograma de Letalidad para el periodo de 150 días en el Grupo 1 y 2	19
Figura 2. Histograma de Letalidad para 30, 90, 120 y 150 días en el Grupo 3	20
Figura 3. Histograma de Letalidad para el periodo de 30, 60 y 90 días en el Grupo 4 ..	20
Figura 4. Número de cluster óptimo usando el Método del Codo.....	27
Figura 5. Ilustración relacional entre clusters para el periodo de 150 días.	28
Figura 6. Ilustración de los países pertenecientes a los cluster distribuidos geográficamente.....	29
Figura 7. Relación entre la tasa de letalidad por COVID-19 y número de médicos por cada 10000 habitantes para los países del Grupo 1 y 2.	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de Información	10
Tabla 2. Estadística Descriptiva de la Variable dependiente.....	12
Tabla 3. Estadística Descriptiva de las variables independientes.....	14
Tabla 4. Resultados del Factor Inflacionario de la Varianza para detectar Multicolinealidad.....	22
Tabla 5. Resultados del Test de Ramsey para detectar Omisión de Variable Relevante	23
Tabla 6. Resultados del Test de White para detectar problemas de heterocedasticidad.	24
Tabla 7. Resultados de Jarque Bera para detectar no normalidad en los residuos	26
Tabla 8: Estimación de los factores demográficos y económicos que afectan a la tasa de letalidad por COVID-19 para los países del Grupo 1 y 2.....	32
Tabla 9: Estimación de los factores demográficos y económicos que afectan a la tasa de letalidad por COVID-19 para los países del Grupo 3.....	36
Tabla 10: Estimación de los factores demográficos y económicos que afectan a la tasa de letalidad por COVID-19 para los países del Grupo 4.....	39

RESUMEN

La pandemia de COVID-19 ha revelado el estado de las condiciones subyacentes de los países en términos de sistema de salud, infraestructura sanitaria, gobernabilidad, entre otros. Este estudio tiene como objetivo identificar los determinantes económicos y demográficos que afecta a la tasa de letalidad por COVID-19 en los períodos de 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la primera aparición del virus en cada país. El análisis se presenta en dos etapas. En la primera fase, se utiliza un análisis Cluster con la metodología K-medias para países de todos los continentes, los cuales se clasifican en cuatro grupos: i. Países infectados muy rápidamente con una tasa de crecimiento de contagio relativamente alta y baja letalidad, ii. Países infectados rápidamente con tasa de crecimiento de contagio y letalidad muy alta, iii. Países infectados lentamente con tasa de crecimiento del contagio relativamente alta y una letalidad relativamente baja y iv. Países infectados muy lentamente con tasa de crecimiento de contagio y letalidad baja.

En la segunda etapa se utilizan los grupos establecidos en la primera fase y se estiman modelos OLS o Tobit, dependiendo de la presencia o no de Variable Dependiente Limitada en la tasa de letalidad por COVID-19. Las variables independientes son de carácter pandémico, económico, demográfico, gubernamental y de capacidad sanitaria.

Los resultados muestran que para los países infectados lentamente con una tasa de crecimiento del contagio relativamente alta y una letalidad relativamente baja, la condición sanitaria preexistente (camas de hospital) provoca el colapso del sistema sanitario y por ende incrementan las muertes por COVID-19. Además, la efectividad del gobierno se asocia negativamente con la variable dependiente. El porcentaje de población mayor a 65 años incide en la tasa de letalidad por COVID-19 de los grupos de países con más población envejecida. Finalmente, para los países lentamente infectados con tasa de

letalidad y contagio baja, el principal factor que disminuye su tasa de letalidad por COVID-19 es el aumento en la tasa del crecimiento del PIB.

Palabras clave: Pandemia COVID-19, tasa de letalidad por COVID-19, sistema de salud, factores económicos.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has revealed the state of the underlying conditions of countries in terms of the health system, health infrastructure, governance, among others. This study aims to identify economic and demographic determinants that affect the COVID-19 case fatality rate in the periods of 30, 60, 90, 120 and 150 days after the first appearance of the virus in each country. The analysis is presented in two stages. In the first phase, a Cluster analysis is used with the K-means methodology for countries on all continents, which are classified into four groups: i. Countries infected very rapidly with a relatively high growth rate of contagion and low case fatality rate, ii. Countries infected rapidly with a very high growth rate of contagion and case fatality rate, iii. Countries infected slowly with relatively high growth rate of contagion and relatively low case fatality rate and iv. Countries infected very slowly with a low growth rate of contagion and case fatality rate.

In the second stage, using the established groups in the first phase. OLS or Tobit models are estimated, depending on the presence or not of the Limited Dependent Variable in the COVID-19 case fatality rate. The independent variables are pandemic, health capacity, economic, demographic and governmental variables.

The results show that for countries infected slowly with a relatively high growth rate of contagion and a relatively low fatality, the pre-existing health condition (hospital beds) causes the collapse of the health system and therefore increases deaths. Furthermore, the effectiveness of the government is negatively associated with the dependent variable. The percentage of the population over 65 years of age affects the case fatality rate from COVID-19 in the groups of countries with high share of aging population. Finally, for countries slowly infected with low case fatality rate and contagion rates, the main factor reducing their case fatality rate of COVID-19 is the increase of the GDP growth rate.

Keywords: COVID-19 Pandemic, COVID-19 case fatality rate, health system, economic factors.

Capítulo I Introducción

Desde el 11 de marzo de 2020, día en que la Organización Mundial de la Salud (OMS) anuncia que la enfermedad de la COVID-19 se caracteriza como pandemia, los gobiernos de todos los países a nivel mundial tomaron distintas medidas para evitar la propagación del virus en sus territorios. Sin embargo, dada la facilidad de transmisión del virus SARS-CoV-2 fue cuestión de días para que la enfermedad se extienda a todos los continentes.

La Junta de Vigilancia Mundial de la Preparación (Global Preparedness Monitoring Board, 2019), señala que si bien los brotes de enfermedades pandémicas tienen afectación a nivel mundial, los sectores más perjudicados son los que poseen menos recursos. La inadecuada infraestructura sanitaria e incluso la mala gobernanza llega a complicar de forma significativa la preparación y respuesta ante brotes epidémicos. Así, el virus puede tener un efecto moderado en la morbilidad de países con una buena organización de sistemas de salud, y a la vez, resultar devastador en países donde dichos sistemas son deficientes (OMS, 2019).

La capacidad asistencial y la calidad de los servicios de salud influyen en el impacto de una enfermedad con variante pandémica. Zevallos & Lescano (2020) muestran que, si bien al inicio de la enfermedad de un país, las variables relacionadas a la capacidad sanitaria tienen una incidencia importante para la letalidad y mortalidad por COVID-19, con el paso del tiempo no hay recursos sanitarios que puedan disminuir la letalidad por la enfermedad, independientemente de las demás características del país de estudio.

Los gobiernos han manejado la pandemia dadas ciertas condiciones preexistentes. Sin embargo, la respuesta de las autoridades en cuanto a normativas y

acciones para frenar la propagación de la pandemia fue un factor decisivo. Las medidas iban desde viajes hasta restricciones de encierro (Chaudhry et al., 2020).

Entonces, las características de los países pueden influir sobre la letalidad por COVID-19. Generalmente los estudios se enfocan en ciertos países o regiones (Javed, 2020; Winskill et al., 2020; Cifuentes-Faura, 2021). Algunos estudios consideran a todos los países en su conjunto (Park & Cha, 2020; Khan et al., 2020; Liang et al., 2020) sin diferenciarlos por la afectación de la COVID-19 entre territorios y el tiempo de preparación que tuvieron para enfrentar la pandemia. Frente a esto, este estudio tiene dos objetivos. El primero es clasificar a los países del mundo en función de variables de COVID-19 como la tasa de letalidad, la tasa de crecimiento del contagio rezagado con 15 días y el número de días que transcurrieron hasta que el país registró el primer caso con respecto a China. Y el segundo objetivo es determinar la influencia de las características subyacentes de los grupos de países en términos de capacidad sanitaria, demografía y nivel económico en la tasa de letalidad por COVID-19.

En la Fase 1, para determinar los grupos, se trabaja con el método de partición de K-medias para realizar el análisis de agrupación. Este enfoque consiste en construir particiones y evaluar su similitud intraclase e interclase. Los resultados muestran que la colección de observaciones se divide en 4 grupos.

El Cluster 1 corresponde a países rápidamente infectados con una tasa de crecimiento de contagio relativamente alta y baja letalidad. El Cluster 2 corresponde a países rápidamente infectados con tasa de crecimiento de contagio y letalidad muy alta. En el Cluster 3 se encuentran países lentamente infectados con tasa de crecimiento del contagio relativamente alta y una letalidad relativamente baja. Finalmente, en el Cluster 4 están los últimos países en ser infectados con una tasa de crecimiento de contagio baja.

Para la Fase 2 de la investigación se relacionaron las bases de datos obtenidas del Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud, el Rastreador de respuesta gubernamental COVID-19 de Oxford, índice Global de Innovación y el Centro Europeo para el Control y Prevención de Enfermedades. En la modelación se utilizan estimaciones por Mínimos Cuadrados Ordinarios o modelos Tobit, dependiendo de la existencia o no de variable dependiente limitada. Para esta parte del estudio se trabaja con 5 períodos: 30 días, 60 días, 90 días, 120 días y 150 días desde la primera aparición del virus en el territorio.

Los resultados muestran que, para los tres primeros grupos de países, la variable demográfica del porcentaje de la población mayor a 65 años incide de forma negativa en la tasa de letalidad. Esto concuerda con que en estos países hay más porcentaje de personas adultas mayores que en los del grupo 4. Para el grupo 1 y 2 cuyos países fueron rápidamente infectados, la tasa de crecimiento de casos confirmados fue significativa y se asocia positivamente con la tasa de letalidad por COVID-19. En el grupo 3, el bajo número de camas hospitalarias provoca el colapso del sistema sanitario y por ende aumentan las defunciones por la enfermedad. Además, la efectividad del gobierno incide negativamente en la variable dependiente, es decir, la confianza al gobierno y la estabilidad política favorece a la hora de enfrentar la crisis sanitaria. Finalmente, para el grupo 4, a los países con un nivel económico bajo les cuesta más enfrentar la pandemia.

Este documento se organiza de la siguiente forma, en el Capítulo II se realiza una exhaustiva revisión de la literatura sobre los factores que inciden en la letalidad por COVID-19 en los países, en el Capítulo III se detalla la obtención de datos y la metodología a utilizarse, también se analiza la estadística descriptiva de los datos, en el Capítulo IV se presentan los resultados de la investigación y en el Capítulo V las conclusiones y limitaciones.

Capítulo II Revisión de literatura

2. Factores que inciden en la letalidad por COVID-19 en los países

Existen dos tipos de factores que pueden determinar el número de muertes por COVID-19, la primera es de origen pandémico, es decir aquellas variables que surgen a partir del desarrollo de la enfermedad, entre estas están la tasa de crecimiento del contagio y las medidas gubernamentales para prevenir más muertes, como las restricciones de viajes, el cierre de empresas, instituciones e incluso el encierro total de la población. El otro tipo de factor son las características subyacentes, no son variables que surgen a partir de la pandemia, pero ayudan a analizar la evolución de la enfermedad e incluso enfrentarla. Entre estas variables se consideran características demográficas, económicas, gubernamentales y capacidad sanitaria.

2.1. Variables de carácter pandémico

2.1.1. Tasa de crecimiento de contagio

Peralta et al.(2020) identifica que una alta tasa de contagio por COVID-19 significa que hay un gran número de infectados simultáneamente, lo cual provoca el colapso del sistema sanitario y dificultad para que los casos de enfermos graves accedan a este. Además, la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2021), menciona que la tasa de transmisión del virus es de interés de salud pública ya que permite identificar la gravedad de la enfermedad y su influencia en la letalidad de la población.

2.1.2. Índice de restricción

Para frenar la transmisión y reducir la mortalidad asociada a la COVID-19. Chaudhry et al.(2020) y Chisadza et al.(2021) muestran que las intervenciones menos estrictas utilizadas para frenar la pandemia incrementa el número de muertes por COVID-19. Jinjarak et al.(2021) utiliza el índice de rigurosidad de Oxford el cual está compuesto en

nueve indicadores que incluyen cierres de escuelas, negocios, prohibiciones de viaje, etc. Considerando esta misma variable, Sorci et al.(2020) concluye que una mayor tasa de letalidad se alcanza para valores intermedios del índice de rigurosidad.

Es importante mencionar que las variables de origen pandémico tienen un impacto de aproximadamente 15 días de diferencia en el registro de casos confirmados y muertes por COVID-19. Esto debido a las características propias de la enfermedad (Javed, 2020).

2.2.Características Subyacentes

2.2.1. Variables Demográficas

2.2.1.1. Estructura etaria de la población.

Una característica importante de la población es la edad, ya que el riesgo de hospitalización o muerte por COVID-19 aumenta para personas de 60, 70 y 80 años, debido a la existencia de más factores para que sean propensos a enfermarse gravemente como afecciones médicas subyacentes (*Adultos Mayores y COVID-19 | Centros Para El Control y La Prevención de Enfermedades, 2021*). Para Promislow & Anderson (2020) y King et al.(2020) los riesgos para la salud que presenta el virus varían según la edad, la cual se asocia positivamente con la mortalidad por COVID-19. En cuanto a la tasa de letalidad, Rubino et al. (2020) realiza un análisis comparativo para las primeras semanas de pandemia y demuestra que para el caso italiano la tasa de letalidad es del 10.6% debido a que es uno de los países con mayor población envejecida, además la edad media de muerte por COVID-19 llegó a ser de 81 años.

2.2.1.2.Densidad Poblacional.

Generalmente, residir en un área alta densamente poblada es un factor de riesgo de contagio para el SARS-CoV-2 (de Lusignan et al., 2020), ya que la proximidad física de personas infectadas en los centros urbanos facilitan la transmisión de partículas de virus en el aire (Waltenburg et al., 2020; Rocklöv & Sjödin, 2021). Se esperaría que una mayor

densidad población lleve a una mayor tasa de letalidad. Sin embargo, a nivel país la densidad poblacional no muestra un consenso al respecto. Ilardi et al.(2021), por ejemplo, identifica una relación lineal positiva significativa entre la densidad poblacional y la tasa de letalidad.

Por el contrario, nuevos estudios destacan una relación ambigua entre densidad poblacional y muertes por COVID-19, en donde se asocian negativa y no significativamente estas variables, indicando que la densidad poblacional no es un factor de riesgo para la letalidad. En este contexto, los espacios con mayor densidad tienen mejor integración de mercado y por ende son más ricos, esto les permite canalizar recursos considerables para responder a la pandemia y reducir el número de muertes (*Urban Density Is Not an Enemy in the Coronavirus Fight: Evidence from China*| World Bank, 2020).

2.2.2. Variables de Capacidad sanitaria

2.2.2.1.Número de camas de hospital.

La escasez de equipo médico es un factor clave que explica la mortalidad de COVID-19 (Ilardi et al., 2021). De esta forma, el bajo número de camas hospitalarias provoca el colapso del sistema sanitario y por ende incrementan muertes, es decir, se asocia negativamente con la tasa de mortalidad y letalidad por COVID-19 (Acosta, 2020; Park & Cha, 2020).

2.2.2.2.Número de médicos.

Chaudhry et al.(2020) y Asfahan et al.(2020) utilizan la variable número de médicos por cada 10000 habitantes y concluyen que esta tiene una relación inversa con la tasa de letalidad. Ante lo mencionado, Khan et al.(2020) sugiere que la construcción de una capacidad de atención médica multidimensional efectiva es el medio para mitigar las muertes de casos futuros.

2.2.3. Variables Económicas

En cuanto al nivel económico de los países se utilizan medidas como el PIB o el gasto en salud, para los cuales, la literatura sugiere una relación negativa con la letalidad. Asfahan et al.(2020), por ejemplo, mediante una regresión univariante encontró que el PIB per cápita se correlaciona negativamente con la tasa de letalidad por COVID-19.

Sin embargo, ha surgido una discusión sobre si realmente estas variables son un factor de riesgo para la variación de la tasa de letalidad. Khan et al., (2020) concluye con que el gasto en salud no alcanzó significancia estadística, pero se asoció positivamente con los casos mortales.

En el estudio de Chaudhry et al., (2020) los países con un PIB per cápita más alto registraron un mayor número de muertes por millón de habitantes. Para él, esto refleja una mayor difusión de las pruebas en esos países y una mayor transparencia en la presentación de informes, además del aumento de la accesibilidad a los viajes aéreos y las vacaciones internacionales en los países más ricos. Cabe mencionar que, durante los primeros meses, la carga de la pandemia se centró principalmente en los países de ingresos altos y medios de Asia, Europa y América del Norte (Chisadza et al., 2021). Es decir, existen países con mejores condiciones que sufren un mayor impacto por la enfermedad (Zevallos & Lescano 2020).

A pesar de que la pandemia llegó rápidamente a países con nivel económico alto, las consecuencias fueron más severas para países menos desarrollados. El informe presentado por la Universidad Imperial de Londres sobre la evaluación de los impactos de la pandemia en poblaciones desfavorecidas y vulnerables, demostró que el riesgo de muerte por COVID-19 aumenta con la pobreza, considerando además aspectos como el acceso a hospitales (Winskill et al., 2020).

2.2.4. Variable efectividad de gobierno

La buena gobernanza es esencial para los resultados de desarrollo a largo plazo, Liang et al., (2020) demuestra que para una crisis a corto plazo como el brote de la COVID-19, la eficacia del gobierno es fundamental para responder de manera eficiente y garantizar políticas efectivas. La literatura sugiere que una mayor efectividad del gobierno está significativamente asociada con una disminución de las tasas de letalidad (Serikbayeva et al., 2021).

En contraste, ciertas investigaciones muestran una relación contraria. Por ejemplo, Toshkov et al., (2021) concluye en base a modelos robustos que la alta capacidad percibida por la efectividad del gobierno proporciona una falsa confianza que resulta en mayor contagios y muertes.

Capítulo III Datos y Metodología

En el presente capítulo se puntualizan las variables utilizadas en el estudio mediante el análisis descriptivo de las mismas. Además, se indican las fuentes de obtención de los datos y las metodologías empleadas. Por último, se especifican las pruebas necesarias para la validación del modelo.

3.1. Datos

La investigación hace uso de variables demográficas y económicas obtenidas del Banco Mundial (BM), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Índice Global de Innovación (GII). Las variables relacionadas a los casos confirmados y muertes por COVID-19 de los países se obtienen de la base de datos del Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades (ECDC).

Con respecto a la integración de datos se obtiene un diseño de corte transversal. Se consideran variables económicas con efectos a largo plazo, donde el período a tratar es la información disponible entre el año 2010 y el que presente datos más actuales. Para este estudio, se utiliza el promedio de los valores en el periodo de tiempo disponible y de esta forma no se afecta la estructura transversal de los datos (Wooldridge, 2009, p.8).

Para las variables demográficas y de capacidad sanitaria, la información que se considera es el último dato más actual. Además, cabe mencionar que los casos confirmados y muertes por COVID-19 se establecen con una periodicidad diaria para el año 2020, esta información es tratada para la obtención de la tasa de letalidad en los distintos periodos de tiempo, a saber, 30, 60, 90, 120 y 150 días después del primer caso confirmado en cada uno de los 210 países de estudio. Este número de observaciones se reduce a 140 países para la Fase 2 del análisis, debido a que, así se obtiene la información completa disponible una vez integradas las variables en una misma base de datos.

En función a los objetivos de la investigación se establecen cinco tipos de variables explicativas correspondientes a características sanitarias, económicas, demográficas, gubernamentales y relacionadas directamente a la pandemia. Estas variables se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Fuentes de Información

Variable	Fuente de Información	Signo Esperado	Autor
Variables de carácter pandémico			
Tasa de letalidad	Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades	Variable dependiente	
Tasa de crecimiento del contagio con 15 días de rezago	Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades	(+)	Peralta et al.(2020)
Índice de restricción de actividades durante la pandemia con 15 días de rezago	Rastreador de respuesta gubernamental COVID-19 de Oxford, Escuela de Gobierno Blavatnik.	(-)	Jinjarak et al.(2021), Chisadza et al.(2021)
Variables de efectividad gubernamental			
Eficacia del gobierno	Índice Global de Innovación	(-/+)	Liang et al. (2020), Toshkov et al. (2021)
Variables económicas			
Gasto en Salud porcentaje del PIB	Organización Mundial de la Salud	(-/no significativa)	Asfahan et al.(2020), Khan et al. (2020)
Porcentaje anual del Crecimiento del PIB	Banco Mundial	(-/+)	Asfahan et al.(2020), Chaudhry et al. (2020)
Variables demográficas			
Densidad Poblacional	Banco Mundial	(+, no significativa)	Chaudhry et al. (2020)
Porcentaje de población mayor a 65 años de edad	Banco Mundial	(+)	de Lusignan et al.(2020),

Variables de capacidad sanitaria			
Número de camas de hospital por cada 10000 personas	Organización Mundial de la Salud	(-)	Park & Cha, (2020), Acosta (2020)
Número de médicos por cada 10000 personas	Organización Mundial de la Salud	(-)	Chaudhry et al. (2020), Asfahan et al.(2020)

Elaborado por: La autora

3.2. Variables

3.2.1. Variable Endógena

La medida que representan la gravedad con la que una enfermedad ha afectado a la población es la tasa de letalidad, la cual se expresa como el número de defunciones por la enfermedad respecto al total de casos en un periodo específico (Moreno et al., 2000).

En relación a la crisis sanitaria actual, a finales del 2020 se registró más de 1.8 millones de personas fallecidas por la enfermedad COVID-19 a nivel mundial. Varios estudios muestran que existe relación entre la tasa de letalidad y las características socioeconómicas al inicio de la enfermedad dentro del territorio de estudio (Zevallos & Lescano, 2020). Además, otras investigaciones identifican que la tasa de letalidad y las políticas estatales para controlar la pandemia están estrechamente ligadas (Cao et al., 2020; Serikbayeva et al., 2021) . Si bien la tasa de mortalidad también suele emplearse en este tipo de estudios (Li et al., 2020); la principal motivación para utilizar la tasa de letalidad como variable dependiente es porque muestra cómo se maneja la pandemia en cada país.

A continuación, en la Tabla 2 se muestra la estadística descriptiva de la tasa de letalidad por COVID-19 para los periodos de estudio antes mencionados. En esta se observa que el mínimo de tasa de letalidad es cero, es decir que, para los periodos

analizados había lugares que no presentaron muertos por la enfermedad de la COVID-19. Además, los países que no registran muertes por COVID-19 representan más del 10% para todos los periodos. En promedio a nivel mundial la letalidad es de 3.11% para los primeros 30 días. Para los últimos 4 periodos de estudio, la tasa de letalidad va disminuyendo hasta alcanzar 2.98%. Para los 30 primeros días de la presencia del virus, el 32.54% de los países no registraron muertes por COVID-19 y el 66.19% de países se encuentran por debajo del promedio presentado en la Tabla 2. Para el periodo de 60, 90, 120 y 150 días, el 53.81%, 49.05%, 49.05% y 46.19% de países, respectivamente, tienen una tasa de letalidad inferior al promedio de la muestra.

Tabla 2. Estadística Descriptiva de la Variable dependiente

Variable	Obs.	Min.	Max.	Desv. st	Promedio
Tasa de Letalidad 30 días	210	0.00	0.3333	0.0431	0.0311
Tasa de Letalidad 60 días	210	0.00	0.3200	0.0425	0.0368
Tasa de Letalidad 90 días	210	0.00	0.2663	0.0395	0.0347
Tasa de Letalidad 120 días	210	0.00	0.2851	0.0386	0.033
Tasa de Letalidad 150 días	210	0.00	0.2879	0.035	0.0298

Fuente: Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades

Elaborado por: La Autora

3.2.2. Variables explicativas

Las variables independientes del modelo se muestran en la Tabla 3 con su respectiva estadística descriptiva. Se debe notar que la tasa de crecimiento del contagio e índice de restricción de actividades están rezagadas con 15 días dado que, según la OMS el tiempo entre la exposición a la COVID-19 y el momento donde comienzan los síntomas puede variar de 1 a 14 días. Además, pese a que el tiempo clínico tiene una duración promedio de 11.5 días, el tiempo que se produce los síntomas hasta el fallecimiento va desde dos a ocho semanas (Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias, 2021).

Según las estadísticas presentadas en la Tabla 3, la tasa de crecimiento de contagio disminuye a medida que pasa el tiempo, del periodo de 30 días al de 150 días pasa de tener en promedio 31% a 7%. Además, el índice de restricción aumenta para el periodo de 60 días, registrando un valor de 73.90 puntos. Sin embargo, las medidas se relajan con el paso del tiempo, tal es el caso que, para el último periodo de estudio, en promedio el índice de restricción es de 56.81 puntos.

El promedio de la variable eficacia de gobierno en los últimos diez años es de 45.98 puntos de un máximo de 100 puntos. Hay países que no superan los 3 puntos de este indicador y otros que superan los 95 puntos del mismo. Esta alta dispersión de los datos se puede evidencia en la desviación estándar.

Otra de las variables más dispersas es la densidad poblacional cuya desviación estándar (1497.46) es mayor que la media (329.40).

En cuanto a las variables de capacidad sanitaria, el número de médicos muestra que hay países donde trabajan con menos de un médico por cada 10000 habitantes, mientras que el número mínimo de camas de hospital es una por cada 10000 habitantes. Pese a ello, el promedio mundial es de 20.56 y 27.46 por cada 10000 habitantes respectivamente.

En promedio, la tasa de crecimiento del PIB anual para los últimos 10 años es del 3.16%. Sin embargo, la dispersión es alta dado que el rango de valores va desde -8.44% al 9.78%. En relación a la variable porcentaje del PIB destinado al gasto en salud, la desviación estándar es baja y se distingue que en promedio los países del mundo destinan el 6.3% del PIB al gasto en salud. Para estas variables, se utilizan la medida del promedio de los 10 últimos años dado que, si se tomasen en cuenta las variables de los últimos años disponibles no se estaría capturando la realidad en cuanto a la situación económica de los

países. En ese sentido es preferible considerar cómo se han venido desarrollando en el largo plazo, donde proyectos gubernamentales y de salud pueden llevarse a cabo. Sin embargo, considerar esta cantidad de años tiene como limitante la situación heterogénea que cada país ha atravesado durante este periodo de tiempo.

Tabla 3. Estadística Descriptiva de las variables independientes

Variable	Obs.	Min.	Max.	Desv. st	Promedio
Tasa de crecimiento del contagio con 15 días de rezago a los 30 días	210	0.00	1.2075	0.2121	0.3101
Tasa de crecimiento del contagio con 15 días de rezago a los 60 días	210	0.00	0.5463	0.082	0.174
Tasa de crecimiento del contagio con 15 días de rezago a los 90 días	210	0.0067	0.3616	0.052	0.123
Tasa de crecimiento del contagio con 15 días de rezago a los 120 días	210	0.0048	0.2612	0.038	0.094
Tasa de crecimiento del contagio con 15 días de rezago a los 150 días	210	0.0037	0.2037	0.029	0.077
Índice de restricción de actividades durante la pandemia con 15 días de rezago a los 30 días	181	0.00	100	28.60	56.82
Índice de restricción de actividades durante la pandemia con 15 días de rezago a los 60 días	181	0.00	100	21.83	73.90
Índice de restricción de actividades durante la pandemia con 15 días de rezago a los 90 días	181	11.11	100	17.66	72.05
Índice de restricción de actividades durante la pandemia con 15 días de rezago a los 120 días	180	11.11	96.3	19.83	62.34
Índice de restricción de actividades durante la	180	11.11	96.3	20.75	56.81

pandemia con 15 días de rezago a los 150 días

Promedio de los últimos 10 años del indicador de Eficacia del gobierno	145	2.84	99.33	24.089	45.983
Porcentaje de población mayor a 65 años del último año más actual	183	1.157	28.002	6.495	9.162
Densidad Poblacional del último año más actual	200	0.137	19224	1497.46	329.4
Promedio de los últimos 10 años del porcentaje anual del Crecimiento del PIB	194	-8.44	9.779	2.49	3.16
Promedio de los últimos 10 años del gasto en Salud porcentaje del PIB	180	1.987	16.579	2.504	6.310
Número de camas de hospital por cada 10000 personas del último año más actual	174	1	129.8	22.81	27.5
Número de médicos por cada 10000 personas del último año más actual	170	0.23	82.95	18.74	20.56

Fuente: Banco Mundial, Organización Mundial de la Salud, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

3.3. Metodología

El presente estudio se lleva a cabo en dos fases. En la primera fase, se realiza un análisis de conglomerados para agrupar a países que siguen un mismo patrón en cuanto a su evolución durante la pandemia. En la segunda fase, se realiza la estimación econométrica tomando en consideración el comportamiento de la variable dependiente, lo cual se detalla en el inciso 3.3.2.

3.3.1. Fase 1

3.3.1.1. Clustering K-medias.

Dada la heterogeneidad entre países tanto en la evolución de la pandemia como en las características económicas y demográficas, se establece como fase 1 del estudio el análisis Cluster por el método de K-medias.

El análisis de conglomerados es un método de clasificación automática o no supervisada de reconocimiento de patrones. El objetivo de este método es dividir a los datos en grupos de manera que cada observación pertenezca a uno solo, además, todos los datos deben ser clasificados y cada grupo es internamente homogéneo (Peña, 2002, p.228).

El algoritmo K-medias es una técnica basada en el centroide, en el que primero se forma grupos iniciales seleccionando centros en cada uno de ellos, posteriormente se calcula las distancias euclídeas de cada elemento al centro de los grupos y asigna a cada observación al grupo más próximo de forma secuencial. La idea es que al entrar un nuevo elemento se recalcula la nueva media del grupo hasta optimizar el proceso de asignación. La función del algoritmo es evaluar la calidad de la partición de manera que apunte a una alta similitud intracluster y baja similitud intercluster (Han et al., 2012, p.451).

El criterio de homogeneidad que se utiliza en este algoritmo es la suma de cuadrados dentro de los grupos (SCDG) que se describe en la Fórmula 1.

$$SCDG = \sum_{g=1}^G \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^{n_g} (x_{ijg} - \bar{x}_{jg})^2 \quad (1)$$

En donde x_{ijg} es el valor de la variable j en la observación i del grupo g , mientras que \bar{x}_{jg} es la media de la variable en el grupo. El criterio de análisis se establece en la Fórmula 2, la cual pretende minimizar la varianza dentro de cada grupo para establecer homogeneidad entre las observaciones que lo conforman:

$$\min SCDG = \min \sum_{g=1}^G \sum_{j=1}^p n_g s_{jg}^2 \quad (2)$$

En este caso n_g es el número de elementos del grupo g , y como medida de heterogeneidad, s_{jg}^2 es la varianza de la variable j en ese grupo.

3.3.2. Fase 2

En esta fase del trabajo se analizan si las características demográficas y económicas afectan a la tasa de letalidad por COVID-19 en cada país.

Los periodos a estudiar son: 30, 60, 90, 120 y 150 días después de presentar el primer caso confirmado de coronavirus en el territorio. Además, para esta fase de investigación se obtienen 140 observaciones después de relacionar las bases de datos obtenidas de las fuentes de información expuestas en la Tabla 1.

3.3.2.1. Modelo Tobit.

Una vez identificados los grupos establecidos en la Fase 1, se reitera la existencia de variable dependiente limitada (VDL). Por lo que se utiliza un modelo Tobit para los países del grupo 1 y 2 en el periodo de 30 y 150 días, para los países del grupo 3 en todos los periodos de tiempo excepto en los 60 días; y para el grupo 4 en los periodos de 30 a 90 días.

El Modelo Tobit para respuestas de solución de esquina se estima por Máxima Verosimilitud (Gujarati & Porter, 2010, p.574). Además, se utiliza cuando la variable dependiente (y) es cero para una fracción no trivial de la población pero que a su vez tiene una distribución aproximadamente continua a través de valores positivos (Wooldridge. 2009, p.587).

Este modelo implica valores predichos no negativos que tengan efectos parciales sensatos sobre el rango de las variables independientes. Se expresa la respuesta observada (y) en términos de una variable latente subyacente como se muestra a continuación.

$$y^* = \beta_0 + x\beta + u, u|x \sim \text{Normal}(0, \sigma^2) \quad (3)$$

$$y = \max(0, y^*)$$

Donde y^* satisface los supuestos del modelo lineal clásico de normalidad en los residuos y homocedasticidad con una media condicional lineal. Para este caso, y_i es la tasa de letalidad, mientras que x_{it} es un vector de variables exógenas. Además, los residuos siguen una distribución normal y para interpretar el modelo se aplican los efectos marginales post-estimación.

El vector x_{it} está conformado por las siguientes variables:

x_{i1} : Tasa de variación de contagios con rezago de 15 días en el país i en el periodo t

x_{i2} : Índice de medidas de restricción ante la crisis sanitaria con rezago de 15 días en el país i en el periodo t

x_{i3} : Promedio del índice de Efectividad del Gobierno en el país i para los últimos 10 años

x_{i4} : Promedio del porcentaje del PIB destinado al Gasto en Salud en el país i para los últimos 10 años

x_{i5} : Promedio del porcentaje anual del crecimiento del PIB en el país i para los últimos 10 años

x_{i6} : Densidad Poblacional en el país i al último año disponible

x_{i7} : Porcentaje de la población mayor de 65 años en el país i al último año disponible

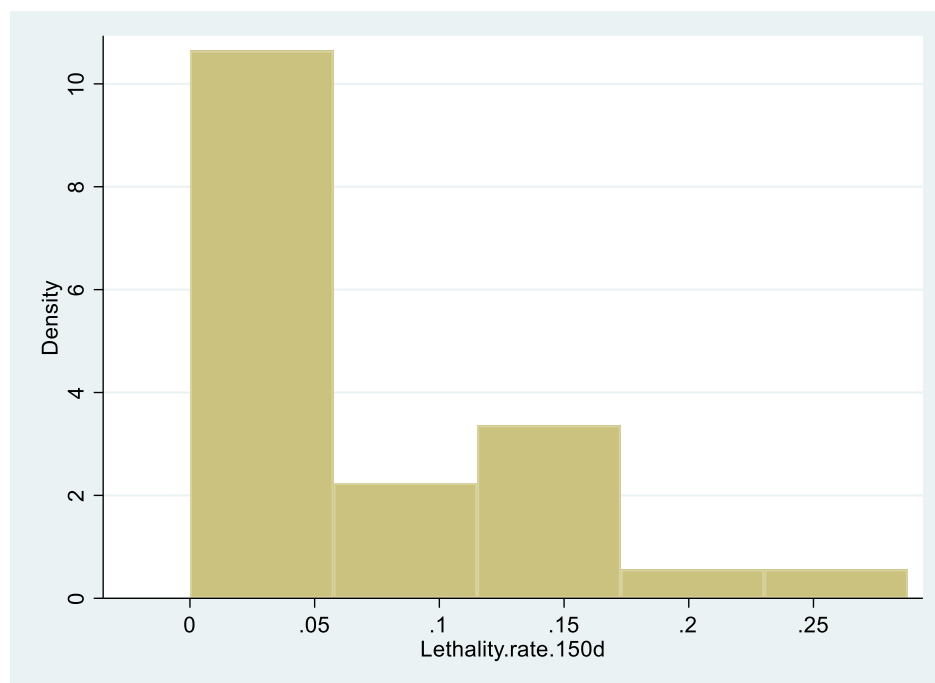
x_{i8} : Número de camas de Hospital por cada 10000 personas en el país i al último año disponible

x_{i9} : Número de médicos por cada 10000 personas en el país i al último año disponible

Se utilizó esta metodología para corregir el problema en los valores predichos que se presentan cuando se estima por OLS y existe variable dependiente limitada. Como se muestra en los histogramas, existe acumulación de ceros en esta variable.

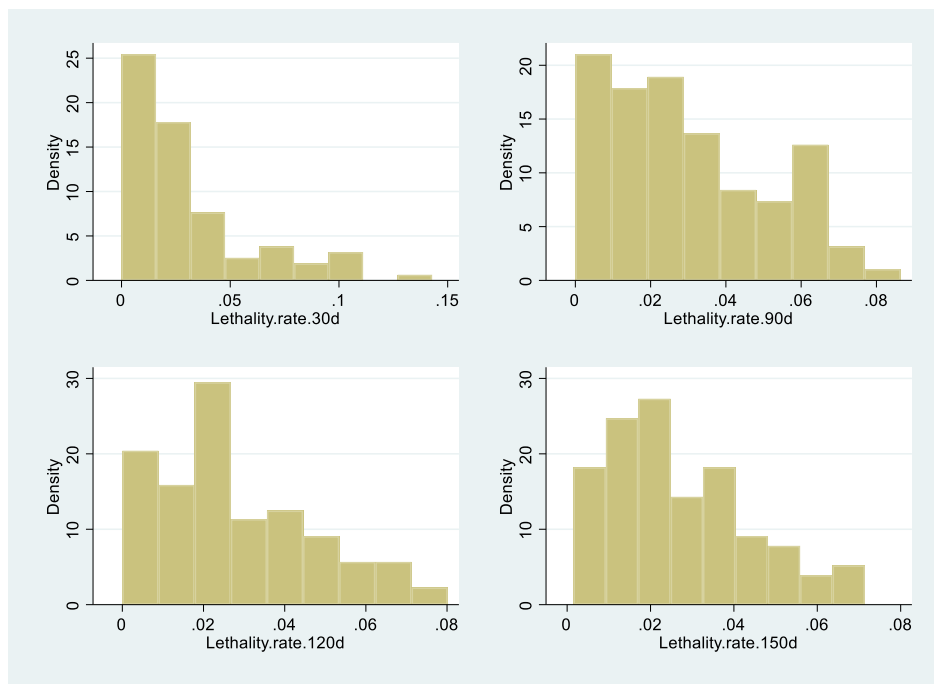
Dado lo anterior, es evidente que la variable tasa de letalidad por COVID-19 no sigue una distribución normal según se observa en las Figuras 1, 2 y 3 lo cual es importante para determinar la metodología a usar que se detalla en el punto 3.3.2.

Figura 1. Histograma de Letalidad para el periodo de 150 días en el Grupo 1 y 2



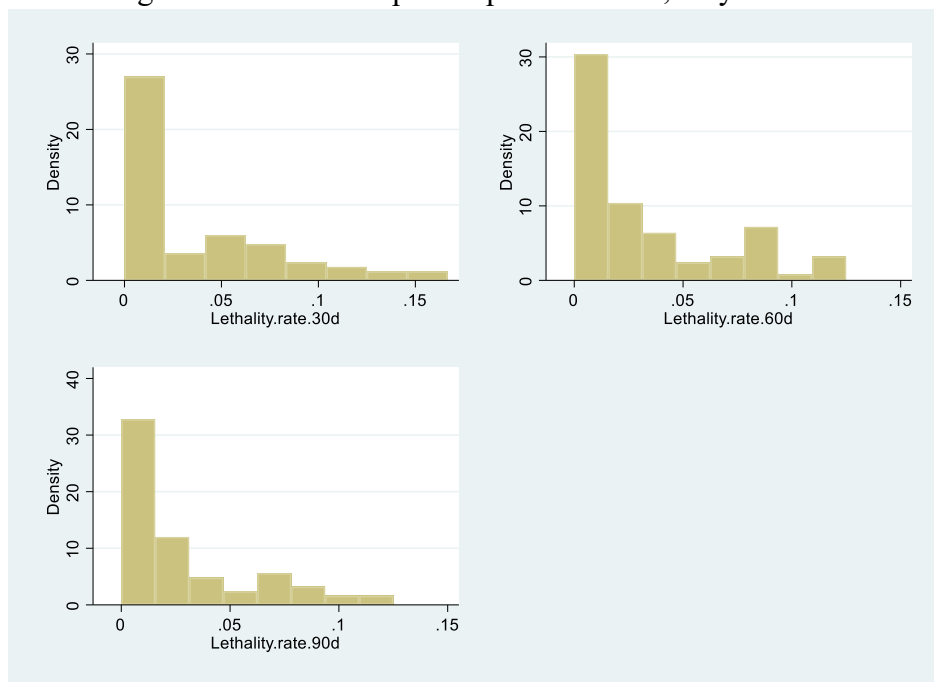
Fuente: Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades
Elaborado por: La Autora

Figura 2. Histograma de Letalidad para 30, 90, 120 y 150 días en el Grupo 3



Fuente: Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades
Elaborado por: La Autora

Figura 3. Histograma de Letalidad para el periodo de 30, 60 y 90 días en el Grupo 4



Fuente: Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades
Elaborado por: La Autora

3.3.2.2. Regresión Lineal Múltiple.

Para los periodos de 120 días del grupo 1 y 2, 60 días del grupo 3 y, 120 y 150 días del grupo 4, los países presentan valores predichos que se encuentran en el rango de datos adecuado (≥ 0), por lo que se procede a utilizar un modelo de regresión lineal múltiple cuya especificación es la siguiente:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i$$

En donde Y_i es la variable dependiente que se busca explicar, en este caso, la tasa de letalidad por COVID-19 en un periodo de tiempo determinado desde la primera aparición de la enfermedad. Por su parte, i denota la unidad de observación que para el presente estudio son los países del mundo. El segundo subíndice determina el número de variables independientes presentes en el modelo, para esta investigación se usan variables detalles en el Capítulo II. Finalmente, ε_i es el vector de errores aleatorios que contiene otros factores que afectan a la variable dependiente.

Este método es más adecuado para un análisis *ceteris paribus* ya que permite controlar de manera explícita varios factores que afectan en forma simultánea a la variable dependiente (Wooldridge, 2009, p.90).

3.3.2.3. Validación del Modelo.

Para obtener robustez en los resultados y una interpretación válida de los valores de regresión estimados, se consideran los supuestos del modelo clásico de Gauss (Gujarati & Porter, 2010, p.61). Se aplican pruebas comunes de regresión lineal múltiple para validar el modelo Tobit y detectar la existencia de variable omitida, heterocedasticidad, multicolinealidad y no normalidad en los residuos.

3.3.2.3.1. Multicolinealidad.

Para determinar la existencia de dependencia lineal entre las variables exógenas se aplica el Factor Inflacionario de la Varianza (VIF). Si los valores arrojados por este son menores a 10, no hay existencia de multicolinealidad. En la Tabla 4 se muestra que, para los modelos de estudio, todos los valores son inferiores a 10, por lo que no es necesario eliminar alguna de las variables.

Tabla 4. Resultados del Factor Inflacionario de la Varianza para detectar

Multicolinealidad	
Grupo 1 y 2	VIF (Mean)
120 días	3.45
150 días	2.99
Grupo 3	
30 días	2.43
60 días	2.32
90 días	2.30
120 días	2.37
150 días	2.42
Grupo 4	
30 días	2.60
60 días	2.45
90 días	3.03
120 días	2.42
150 días	2.50

Fuente: Banco Mundial, Organización Mundial de la Salud, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

3.3.2.3.2. Variable Omitida.

Para determinar la existencia de omisión de variable relevante en el modelo se emplea el

Test de Ramsey en donde:

H_0 : *El modelo no posee ninguna variable relevante omitida*

H_a : *El modelo posee variable relevante omitida*

La importancia de este test es evitar que los estimadores sean sesgados y determinar si la forma funcional del modelo es la adecuada (Gujarati & Porter, 2010, p.479).

Los resultados del Test de Ramsey se muestran en la Tabla 5, donde para un p-valor mayor a 0.05, no se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 de inexistencia de omisión de variable relevante. Al realizar el análisis post-estimación de valores atípicos, se muestran resultados favorables para este test, ya que el modelo del grupo 3 en el periodo de 60 días lo corrige y se cumple la no existencia de omisión de variable relevante (p-valor = 0.8739).

Tabla 5. Resultados del Test de Ramsey para detectar Omisión de Variable Relevante

Grupo 1 y 2	Est(P-valor)	Corrección del Test de Ramsey
120 días	2.26(0.1206)	1.57(0.2431)
150 días	2.64(0.0851)	0.76(0.5349)
Grupo 3		
30 días	1.70(0.1746)	1.15(0.3352)
60 días	34.78(0.000)	0.23(0.8739)
90 días	0.55(0.6498)	
120 días	0.63(0.5981)	
150 días	2.00(0.1223)	

Grupo 4		
30 días	0.19(0.8992)	
60 días	0.09(0.9648)	
90 días	0.29(0.8342)	0.27(0.0.8431)
120 días	0.14(0.9333)	
150 días	0.19(0.9041)	

Fuente: Banco Mundial, Organización Mundial de la Salud, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

3.3.2.3.3. Homocedasticidad.

Para determinar si la varianza de los residuos es homocedástica se utiliza el Test de White el cual propone las siguientes hipótesis:

H_0 : La varianza de los residuos es homocedástica

$H_{:a}$ La varianza de los residuos es heterocedástica

En el caso de rechazar la hipótesis nula, para corregir el problema de heterocedasticidad se procede a estimar el modelo con errores robustos.

En la Tabla 6 se presentan los resultados del Test de White para los 12 modelos de estudio. Según los resultados, el p-valor asociado al estadístico Chi2 de todos los modelos es mayor a 0.05 por lo que la H_0 no se rechaza y la varianza de los residuos es homocedástica.

Tabla 6. Resultados del Test de White para detectar problemas de heterocedasticidad

Grupo 1 y 2	Est(p-valor)	Corrección de heterocedasticidad
120 días	29.00(0.4125)	26.00(0.4076)
150 días	29.00(0.4125)	26.00(0.4076)

GRUPO 3		
30 días	58.32(0.3197)	51.56(0.5692)
60 días	74.12(0.0359)	55.38(0.4223)
90 días	47.72(0.7140)	
120 días	46.99(0.7393)	
150 días	61.00(0.2387)	
Grupo 4		
30 días	32.00(0.4167)	
60 días	32.00(0.4167)	
90 días	32.00(0.4167)	31.00(0.4154)
120 días	32.00(0.4167)	
150 días	32.00(0.4167)	

Fuente: Banco Mundial, Organización Mundial de la Salud, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

3.3.2.3.4. Normalidad de los residuos.

La prueba post-estimación Jarque Bera se aplica para determinar si los residuos siguen o no una distribución normal.

Los resultados de la prueba de normalidad se muestran en la Tabla 7. Para la mayoría de estimaciones la prueba indica existencia de normalidad. Pero, para el grupo 1 y 2, para los dos primeros periodos del grupo 3 y para el periodo de 90 días del grupo 4 el p-valor fue menor a 0.05.

Para corregir la violación a este supuesto se realiza el análisis post-estimación de Residuos Estudentizados; este método nos permite identificar la existencia de datos atípicos influyentes que no permiten validar el modelo lineal. En el Anexo 1 se muestra

los gráficos de los residuos para los grupos que presentaron no normalidad. En el grupo 1 y 2 (Véase Anexo 1.1. y Anexo 1.4), se identifican 3 observaciones atípicas, Yemen, Rusia y Francia. En el grupo 3 (Véase Anexo 1.3. y 1.4) se identifica 6 y 5 valores influyentes para el periodo de 30 y 60 días, respectivamente. Una vez eliminadas estas observaciones que generaban problema, los modelos pasan la prueba de la normalidad de los residuos con un p-valor mayor a 0.05.

Tabla 7. Resultados de Jarque Bera para detectar no normalidad en los residuos

Grupo 1 y 2	Est(p-valor)	Corrección de Normalidad
120 días	7.79(0.0204)	5.12(0.0773)
150 días	9.56(0.0084)	6.30(0.06989)
Grupo 3		
30 días	6.50(0.0388)	2.95(0.2291)
60 días	39.12(0.00)	3.53(0.1709)
90 días	0.34(0.8423)	
120 días	0.32(0.8520)	
150 días	1.42(0.4925)	
Grupo 4		
30 días	1.63(0.4431)	
60 días	4.62(0.0991)	
90 días	11.15(0.0038)	4.01(0.1347)
120 días	5.25(0.0724)	
150 días	1.03(0.5978)	

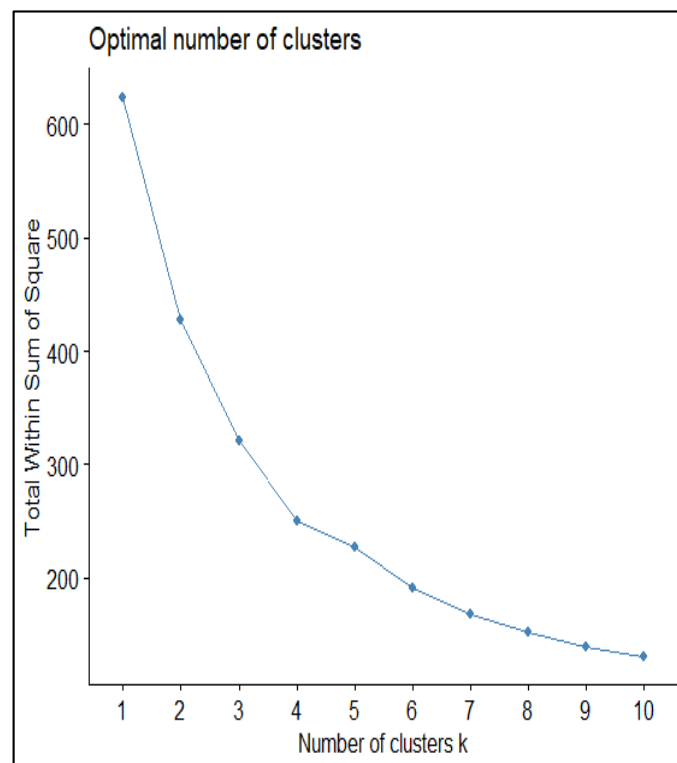
Fuente: Banco Mundial, Organización Mundial de la Salud, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

Capítulo IV Resultados

Para la primera fase de la investigación se utiliza la tasa de letalidad, la tasa de crecimiento del contagio y el número de días con respecto a China calculado para los primeros 150 días de aparición del virus en el territorio. Posteriormente, se determina mediante el Método del Codo que el número de grupos óptimo son 4 (véase en la Figura 4). Los conglomerados resultantes del método de partición de k-medias se muestra en la Figura 5 en el que se identifican las características de los cluster según la media de cada grupo.

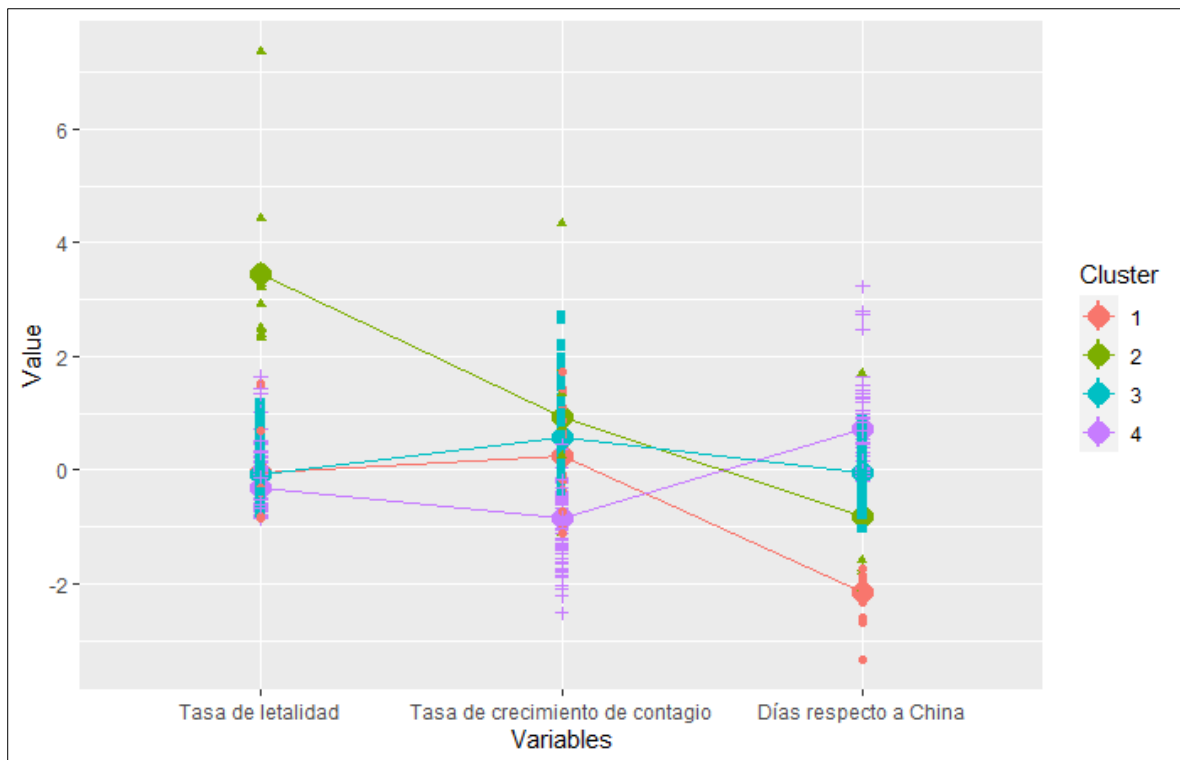
Figura 4. Número de cluster óptimo usando el Método del Codo.



Fuente: Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

Figura 5. Ilustración relacional entre clusters para el periodo de 150 días.



Fuente: Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

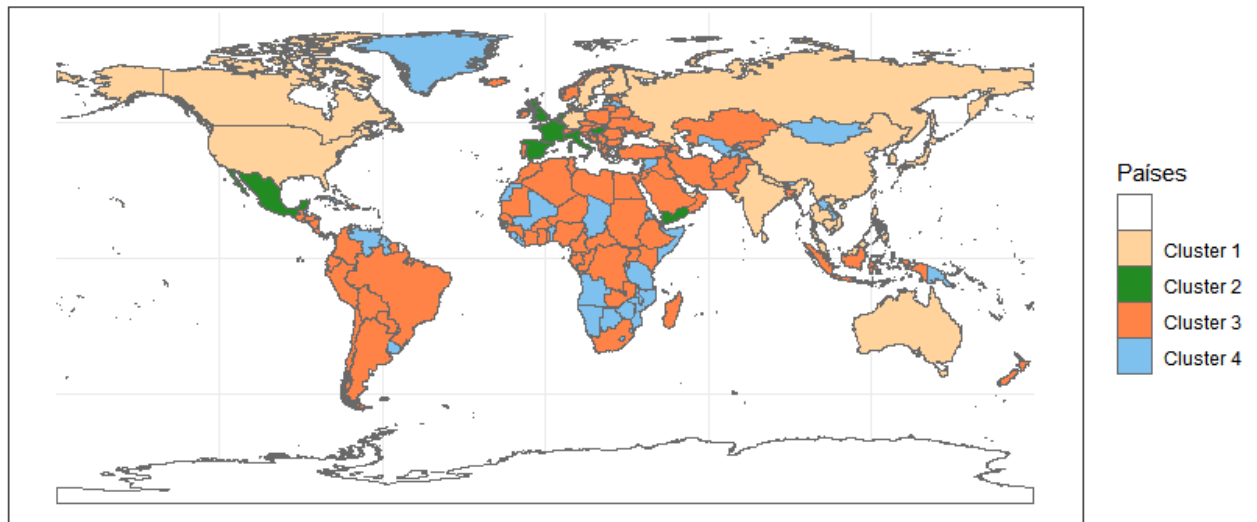
Elaborado por: La Autora

Según la dinámica de los países se distinguen los siguientes conglomerados los cuales serán utilizados en la segunda fase de estudio:

- Cluster 1: 21 países con una tasa de crecimiento de contagio relativamente alta y baja letalidad.
- Cluster 2: 10 países con tasa de crecimiento de contagio y letalidad muy alta.
- Cluster 3: 98 Países con tasa de crecimiento del contagio relativamente alta y una letalidad relativamente baja
- Cluster 4: 80 países con tasa de crecimiento de contagio y letalidad baja.

La distribución geográfica de los conglomerados resultantes se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Ilustración de los países pertenecientes a los cluster distribuidos geográficamente.



Fuente: Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

Cluster 1

Los países del primer grupo fueron los primeros en presentar casos confirmados de COVID-19, esto debido a la cercanía geográfica con China donde tuvo lugar el caso 0, además de la apertura comercial y el flujo de viajeros entre los territorios. Esta interconexión entre naciones, como resultado de la globalización, aumenta la propagación de la pandemia (Malamud, 2020).

Estos países que presentan una tasa de crecimiento de contagio relativamente alta y baja letalidad son principalmente de Asia, Europa, Oceanía y América del Norte (Estados Unidos y Canadá). Además, aunque la aparición del virus SARS-CoV2 fue rápida, la tasa de crecimiento del contagio y la tasa de letalidad son moderadas en relación a los otros grupos 3 y 4.

Cluster 2

El segundo conglomerado se caracteriza por países como Bélgica, España, Francia, Reino Unido e Italia que muestran una tasa de letalidad severa (alcanzando incluso el 10%) y contagio más alto que los demás territorios durante el período de 150 días. Esto evidencia la primera ola de contagio de la pandemia a nivel mundial, la cual desafió la eficiencia de los sistemas de atención sanitaria para estos países intensamente impactados por la COVID-19.

Cluster 3

El tercer grupo de países corresponde a países con un crecimiento del contagio relativamente alto y una letalidad relativamente baja. Hay 98 observaciones que corresponden en su mayoría a Europa (31), África (29), Asia (21) y América Latina (16).

Cluster 4

En el cuarto conglomerado se establecen los países con un mayor tiempo transcurrido hasta presentar enfermos de COVID-19 con respecto a China. Se registró que el primer caso en estos territorios se dio entre 72 y 94 días después que el país donde tuvo lugar el caso cero. Además, este grupo está conformado principalmente por países africanos (26) y latinoamericanos (24) los cuales tuvieron más de dos meses para prepararse y enfrentar la crisis sanitaria. Por ello, la tasa de letalidad y contagio es más baja que las del Cluster 3.

Una vez relacionadas las bases de datos, 140 países cuentan con las observaciones suficientes para la Fase 2 del estudio. Los grupos se conforman por 20, 9, 79 y 32 países, respectivamente. El Grupo 1 y 2 se analizan de manera conjunta debido al número de observaciones. Así, la Tabla 8 muestra el resultado de las estimaciones para el Grupo 1 y

2, la Tabla 9 muestra los resultados para el Grupo 3 y la Tabla 10 muestra los resultados del Grupo 4.

En cada columna de las Tablas, se muestra las estimaciones para cada periodo de estudio. En la primera columna se muestra lo que corresponde a los primeros 30 días de aparición del virus en el territorio. La segunda columna corresponde a los 60 primeros días, así sucesivamente hasta la columna 5 que corresponde al periodo de 150 días. Cabe mencionar que para la Tabla 8, el modelo de los primeros 30, 60 y 90 días no se muestran porque el modelo Tobit no cumple el supuesto de normalidad.

Tabla 8: Estimación de los factores demográficos y económicos que afectan a la tasa de letalidad por COVID-19 para los países del Grupo 1 y 2

Estimación	OLS	TOBIT (Efectos marginales)
VARIABLES	120 días	150 días
Tasa de crecimiento de contagio rezagado 15 días	0.542** (0.240)	0.618*** (0.185)
Índice de restricción rezagado 15 días	-0.000105 (0.000907)	0.000343 (0.000505)
Efectividad gubernamental promedio de los últimos 10 años	-0.000519 (0.000567)	-0.000250 (0.000354)
Crecimiento PIB promedio de los últimos 10 años	0.00173 (0.00879)	-0.000547 (0.00520)
Gasto en Salud como %PIB promedio de los últimos 10 años	-0.00124 (0.00385)	-0.00312 (0.00269)
Camas de hospital al último año	-0.000392 (0.000378)	-0.000221 (0.000206)
Número de doctores al último año	0.00130 (0.000793)	0.000994** (0.000451)
Población mayor a 65 años al último año	0.00355 (0.00248)	0.00393** (0.00168)
Densidad Poblacional al último año	-2.96e-06 (6.68e-06)	-3.80e-06 (3.97e-06)
Constante	-0.0269 (0.124)	
Observaciones	26	26
R cuadrado	0.703	

Standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: BM, OMS, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

La Tabla 8 muestra la estimación de los factores económicos y demográficos que afecta a la tasa de letalidad por COVID-19. Para el periodo de 120 días se estima por OLS y para el periodo de 150 días se obtienen los efectos marginales de la estimación Tobit. Los países de este grupo son en su mayoría europeos (11) y fueron rápidamente infectados por la enfermedad, es decir, tuvieron poco tiempo de preparación ante la pandemia. Cabe mencionar que, de las 29 observaciones de este grupo, únicamente se utilizan 26 países después del análisis post-estimación mediante la detección de datos atípicos. Para el análisis de 120 días se eliminan los países de Francia Rusia y Yemen.

Es importante mencionar que el tamaño muestral de los modelos es pequeño, ya que n (tamaño de la muestra) es menor que 30 observaciones. Además, ambos modelos cuentan con 16 grados de libertad. Entre los problemas econométricos a los que se enfrenta un error muestral es que los estimadores no convergen hacia sus verdaderos valores poblacionales y sean inconsistentes, además, el estimador puede tener un sesgo grande. Mientras que, a medida que aumentan los grados de libertad, la distribución se aproximaría a una normal estándar y mejora la precisión relativa de los parámetros estimados ayudando a garantizar la validez estadística de las pruebas que se empleen (Wooldridge, 2009; Gujarati & Porter, 2010).

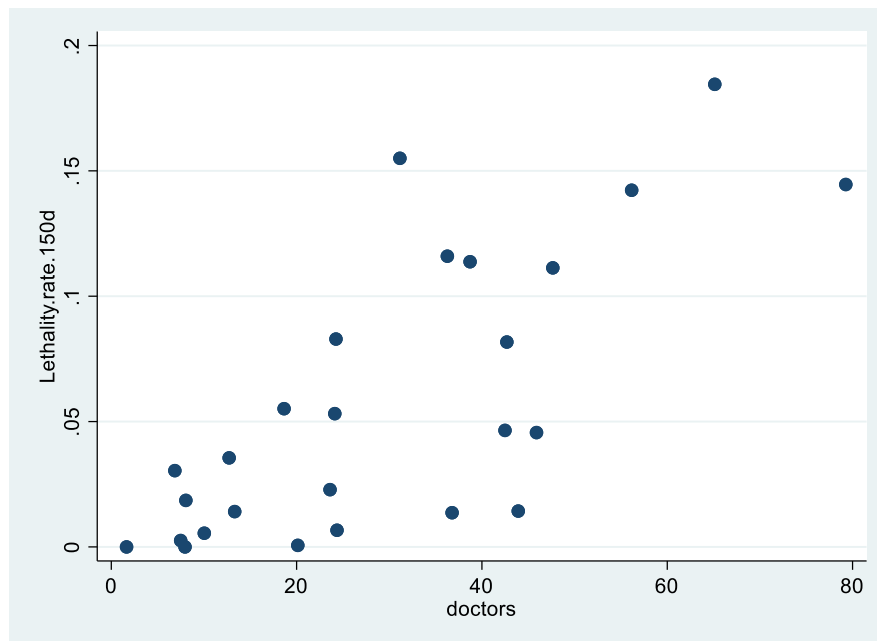
Para los modelos de la Tabla 1, pese a los pocos grados de libertad, para los 120 días de estudio, se tiene una $\text{Prob} > F = 0.00061$ la cual, al ser menor a 0.05 nos muestra que el modelo es en conjunto estadísticamente significativo, además, debido a que la estimación es OLS, tenemos un R-cuadrado de 0.70, esto indica que la tasa de letalidad está bien explicada por las variables independientes. De la misma forma ocurre con el periodo de 150 días, el cual es significativo en conjunto ya que $\text{Prob} > \chi^2 = 0.0001$.

Los resultados arrojan que la tasa de crecimiento de contagio de los anteriores 15 días es significativa y se asocia positivamente con la tasa de letalidad de la enfermedad. Es decir, para los primeros 4 meses de pandemia, cuando se aumenta 1 punto porcentual en la tasa de crecimiento de número de casos confirmados por COVID-19, aumenta en 54.2% la tasa de letalidad para este grupo de países. Si bien este es el único factor que incide durante los 120 días de pandemia, a los 150 días la variable demográfica del porcentaje de la población mayor a 65 años muestra una relación directa con la variable dependiente. Estos resultados son consistentes con King et al., (2020) y Promislow & Anderson (2020) que demuestran que los riesgos para la salud que presenta el virus aumenta con la edad.

Finalmente, para el último periodo de análisis, la variable número de médicos por cada 10000 habitantes es significativa y con el signo contrario a lo esperado. Este resultado está ligado con el contexto del grupo de países de análisis a quienes afectó la primera ola de la pandemia. Por ejemplo, Francia, Bélgica e Italia cuentan con más doctores por cada 10000 habitantes, 65.13, 31.15 y 79.27 médicos, respectivamente. En relación a un promedio de 26.13 médicos de los demás países del grupo. La tasa de letalidad por COVID-19 para estos países son también las más altas del grupo, para el caso francés esta supera el 18%, mientras que para Bélgica e Italia supera 15% y 14% respectivamente, lo cual es bastante alta en relación a los demás países del grupo (4% en promedio). Estos resultados se suman a la discusión expuesta por Chaudhry et al., (2020) y Zevallos & Lescano (2020) que contradicen el presuponer que mientras un país sea estable, su afectación por la pandemia será menor.

En la Figura 7, podemos observar la relación entre ambas variables en este grupo de países, mayoritariamente europeos.

Figura 7. Relación entre la tasa de letalidad por COVID-19 y número de médicos por cada 10000 habitantes para los países del Grupo 1 y 2.



Fuente: Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades y la OMS.

Elaborado por: La Autora

Finalmente, similar al estudio de Khan et al., (2020), una de las variables de mayor interés como es el gasto en salud no es significativa para ninguno de los modelos

Tabla 9: Estimación de los factores demográficos y económicos que afectan a la tasa de letalidad por COVID-19 para los países del Grupo 3.

Estimación Variables	TOBIT (Efectos marginales)	OLS	TOBIT (Efectos marginales)	TOBIT (Efectos marginales)	TOBIT (Efectos marginales)
	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días
Tasa de crecimiento de contagio rezagado 15 días	0.0110 (0.00967)	0.0525 (0.0360)	0.0989** (0.0495)	0.0923 (0.0665)	0.136* (0.0773)
Índice de restricción rezagado 15 días	6.93e-05 (8.06e-05)	-0.000400* (0.000225)	4.61e-06 (0.000103)	2.09e-05 (9.66e-05)	-8.95e-05 (8.64e-05)
Efectividad gubernamental promedio de los últimos 10 años	-0.000482*** (0.000128)	-0.000404** (0.000153)	-0.000282** (0.000118)	-0.000166 (0.000116)	-0.000183* (0.000102)
Crecimiento PIB promedio de los últimos 10 años	-0.000514 (0.00107)	-0.000276 (0.00129)	-0.00108 (0.00109)	-0.000900 (0.00106)	-0.000387 (0.000937)
Gasto en Salud como %PIB promedio de los últimos 10 años	0.000541 (0.00107)	0.00231* (0.00128)	0.00155 (0.00108)	0.000862 (0.00104)	0.00124 (0.000919)
Camas de hospital al último año	-0.000384*** (0.000129)	-0.000285 (0.000175)	-0.000268* (0.000139)	-0.000227* (0.000133)	-0.000220* (0.000118)
Número de doctores al último año	-0.000163 (0.000165)	-0.000208 (0.000212)	-0.000310* (0.000176)	-0.000282 (0.000175)	-0.000182 (0.000153)
Población mayor a 65 años al último año	0.00176*** (0.000568)	0.00223*** (0.000696)	0.00265*** (0.000576)	0.00231*** (0.000573)	0.00164*** (0.000521)
Densidad Poblacional al último año	-5.51e-06 (6.80e-06)	-9.39e-06 (7.50e-06)	-9.04e-06 (6.45e-06)	-9.66e-06 (6.26e-06)	-1.01e-05* (5.53e-06)
Constante		0.0496** (0.0226)			
Observaciones	73	74	79	79	79
R-cuadrado		0.343			

Standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: BM, OMS, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.**Elaborado por:** La Autora

En la Tabla 9 que corresponde al modelo de los países que registraron un crecimiento del contagio relativamente alto y una letalidad relativamente baja, representada por 79 países de América Latina y el Caribe, África y Asia, se muestra que la edad de la población es el factor demográfico que incide de forma directa en la tasa de letalidad por COVID-19 para cualquiera de los periodos estudiados. El aumento en un punto porcentual de la población que tiene más de 65 años aumenta en 0.22% la tasa de letalidad por COVID-19 en los 60 primeros días de la aparición del virus en el territorio. Estos resultados muestran concordancia con Promislow & Anderson (2020) quienes concluyen que la tasa de muerte aumenta en 10% en personas mayores y considera la necesidad de explorar estos mecanismos de envejecimiento en los resultados y tratamientos por la COVID-19.

Además, la variable camas de hospital por cada 10000 habitantes es significativa y con el signo esperado para el primero, tercero, cuarto y quinto mes de pandemia. Esto nos muestra que, la capacidad sanitaria preexistente es importante para controlar los casos de COVID-19 (Rodríguez-Zúñiga et al., 2020). De forma similar ocurre con la variable efectividad de gobierno cuya relación con la tasa de letalidad por COVID-19 es inversa, Serikbayeva et al., (2021) concuerda con esta relación utilizando una estimación probit ordenada de los Indicadores de Gobernanza Mundial. Liang et al., (2020) también identifica una relación negativa, pero entre la tasa de mortalidad (muertes por COVI-19/ Población Total) y la efectividad de gobierno.

La variable índice de restricción de los 15 días anteriores es significativa y se asocia negativamente con la tasa de letalidad por COVID-19 únicamente para los 60 días del inicio de la pandemia. Es decir, el aumento en un punto del índice de restricción impuesta por el gobierno ante la crisis sanitaria a los 45 días de la pandemia, disminuye en 0.04% la tasa de letalidad por COVID-19 a los 60 días. Además, esto indica que de forma temprana las medidas impuestas por el gobierno para contrarresta las muertes por

COVID-19 fueron efectivas, pero con el paso del tiempo la población se relaja y las medidas del gobierno dejan de ser un factor de control de la pandemia. Esto se puede reflejar en el tercer y quinto mes de pandemia, donde la tasa de crecimiento de contagio incide en la variable dependiente. En estos periodos las restricciones no fueron suficientes para reducir las muertes por COVID-19, siendo la tasa de contagio un problema inminente para el aumento de las muertes por la enfermedad.

La densidad muestra una relación inversa y débil con la variable dependiente para los 120 días, lo cual, si bien es contrario a lo habitualmente esperado, se puede relacionar con la discusión sobre la canalización de recursos, donde la mayor densidad conlleva a una mayor integración de mercado y mejor infraestructura sanitaria (*Urban Density Is Not an Enemy in the Coronavirus Fight: Evidence from China*, n.d.).

La variable porcentaje del PIB destinado al gasto en salud, se asocia a un aumento de la tasa de letalidad por COVID-19 para el periodo de 60 días de pandemia, el coeficiente de correlación para este periodo es de 0.13, y aumenta para los siguientes tres periodos cuyo coeficiente es 0.35, 0.33 y 0.34, respectivamente. Los países con mayor gasto en salud tienen una mayor tasa de letalidad, resultado que se suma a la discusión expuesta de Zevallos & Lescano (2020) cuya conclusión determina que la estabilidad de un país no significa un mejor control ante la crisis sanitaria. Huerta, R., & Venegas (2020) además resaltan que el inadecuado manejo del gasto en salud provoca contar con recursos insuficientes para afrontar la crisis sanitaria.

Tabla 10: Estimación de los factores demográficos y económicos que afectan a la tasa de letalidad por COVID-19 para los países del Grupo 4.

Estimación	TOBIT (Efectos marginales)		TOBIT (Efectos marginales)	OLS	OLS
VARIABLES	30 días	60 días	90 días	120 días	150 días
Tasa de crecimiento de contagio rezagado 15 días	0.0579 (0.0763)	0.130 (0.116)	0.243* (0.133)	0.229 (0.193)	0.222 (0.235)
Índice de restricción rezagado 15 días	0.000203 (0.000374)	0.000319 (0.000301)	0.000197 (0.000198)	6.41e-05 (0.000188)	1.91e-05 (0.000154)
Efectividad gubernamental promedio últimos 10 años	-0.000331 (0.000552)	-0.000562 (0.000393)	-0.000190 (0.000284)	-0.000129 (0.000298)	-0.000331 (0.000247)
Crecimiento PIB promedio últimos 10 años	-0.00771** (0.00337)	-0.00580** (0.00239)	-0.00556*** (0.00188)	-0.00460** (0.00192)	-0.00318* (0.00156)
Gasto en Salud como %PIB promedio últimos 10 años	0.000137 (0.00352)	0.000788 (0.00264)	-0.00191 (0.00183)	-0.00231 (0.00189)	-0.00202 (0.00159)
Camas de hospital al último año	-0.000791 (0.000595)	-0.000497 (0.000426)	-0.000622* (0.000326)	-0.000303 (0.000283)	-0.000109 (0.000230)
Número de doctores al último año	0.000323 (0.000888)	0.000197 (0.000544)	0.000862 (0.000647)	0.000451 (0.000425)	-0.000142 (0.000345)
Población mayor a 65 años al último año	-0.00258 (0.00311)	0.000894 (0.00194)	-0.000303 (0.00167)	0.000245 (0.00145)	0.00165 (0.00120)
Densidad Poblacional al último año	2.42e-05 (3.02e-05)	6.59e-06 (1.77e-05)	1.17e-05 (1.37e-05)	7.94e-06 (1.45e-05)	6.24e-07 (1.18e-05)
Constante				0.0379* (0.0202)	0.0351* (0.0181)
Observaciones	32	32	31	32	32
R-cuadrado				0.400	

Standard errors in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: BM, OMS, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.**Elaborado por:** La Autora

En la Tabla 10 se muestra la estimación para los países del cuarto grupo, los cuales pertenecen en su mayoría a África y América Latina y el Caribe. Para este modelo se ha descartado a Siria y Venezuela debido a la falta de datos actuales por la situación socio política que han atravesado en la última década, como resultado, se utilizan 32 países para el análisis.

En todos los periodos de estudio, el factor que incide en la tasa de letalidad por COVID-19 es el promedio del crecimiento del PIB anual, el cual se asocia negativamente con la variable dependiente. Es decir, el aumento de una unidad en el promedio del crecimiento del PIB disminuye en 0.46% la tasa de letalidad por COVID-19 para los 4 primeros meses de pandemia. Este resultado concuerda con la literatura al reflejar que el nivel económico es un determinante para el control de la crisis sanitaria, Asfahan et al., (2020) muestra la vulnerabilidad de países con una economía pobre en términos de muertes por la enfermedad, a su vez destaca la necesidad de una política global para frenar la crisis.

Para los 3 primeros meses de pandemia, la tasa de contagio de los 15 días anteriores y el número de camas de hospital se muestran significativas y con el signo esperado. El aumento en casos saturaría el sistema de salud, lo que aumentaría las muertes por la enfermedad. La capacidad sanitaria instalada reflejada en las camas de hospital incide de forma inversa y significativa en este periodo de estudio.

Para este grupo de países, el porcentaje de la población adulta no es significativa dado que en países menos desarrollados la esperanza de vida es inferior, por lo que una mayor población envejecida influye en la tasa de letalidad para países con más porcentaje de esta población.

En general, se observan marcadas diferencias entre los grupos de análisis. En el Grupo 1 y 2, conformado principalmente por países europeos desarrollados se ha mostrado que la tasa de crecimiento de contagio es la variable que incide sobre la tasa de letalidad por COVID-19 puesto que, dentro de este grupo se identifica la primera ola de la crisis sanitaria.

Para los países del grupo 3, la efectividad del gobierno, el número de camas de hospital y la variable demográfica de la edad de la población son las que inciden en mayor medida a la letalidad. Mientras que, como es de esperarse, el grupo 4 conformado por países menos desarrollados, pese a ser los últimos en presentar casos confirmados con respecto al primer caso de China, se muestra que el crecimiento económico incide en su tasa de letalidad de forma inversa, siendo los países más pobres (económicamente hablando) lo más afectados.

En forma comparativa la tasa de crecimiento de casos confirmados incide en la tasa de letalidad por COVID-19 de todos los grupos. El número de camas de hospital y el porcentaje de la población mayor a 65 años muestran también ser variables que influyen sobre la letalidad.

Capítulo V Conclusiones

El presente estudio se desarrolló en dos fases. Para la primera fase el propósito fue analizar a nivel mundial la evolución de la pandemia y clasificar a los países respecto a su tasa de letalidad, tasa de crecimiento de casos confirmados y la rapidez de contagio. En la segunda fase el objetivo fue, mediante los grupos determinados en la fase 1, identificar los factores demográficos y económicos determinantes de la tasa de letalidad por COVID-19 para los 30, 60, 90, 120 y 150 días después de la primera aparición del virus SARS-CoV2 en el territorio.

La pandemia afectó a todos los países en diferente medida según el retraso de los casos confirmados de COVID-19 con respecto a China. En la primera fase de estudio, mediante el análisis Clúster cuyo método de clasificación fue K-medias, se definieron 4 grupos de países caracterizados de la siguiente forma:

- Cluster 1: países rápidamente infectados con una tasa de crecimiento de contagio relativamente alta y baja letalidad, en su mayoría pertenecientes a Europa y América del Norte.
- Cluster 2: países rápidamente infectados con tasa de crecimiento de contagio y letalidad muy alta, en este grupo se identifican los países por los que tuvo lugar la primera ola de pandemia a nivel mundial.
- Cluster 3: países lentamente infectados con tasa de crecimiento de contagio relativamente alta y una letalidad relativamente baja.
- Cluster 4: últimos países en ser infectados con tasa de crecimiento de contagio y letalidad baja.

Existe una relación geográfica dentro de los grupos de países, aquellos más cercanos a China, y con una mayor apertura comercial con este país, mostraron una tasa de

crecimiento de contagio relativamente alta y baja letalidad. Esto podría explicarse por su nivel de desarrollo (Winskill et al., 2020; Sanmartín-Durango et al., 2019). Algunos países europeos como España, Italia, Francia y Bélgica, fueron la excepción, pues registraron tasas severas de letalidad a los 5 meses de pandemia, siendo las más altas que el resto de países del mundo. Esto nos indica que no siempre un buen nivel de desarrollo significa un mejor manejo de la crisis sanitaria (Zevallos & Lescano, 2020).

En la segunda fase del estudio se identificaron diferencias entre los grupos de países, para el grupo 1 y 2 que fueron rápidamente infectados con una tasa de contagio alta, resultó que la tasa de crecimiento de casos confirmados fue significativa y se asocia positivamente con la tasa de letalidad por COVID-19. Además, la variable porcentaje de población mayor a 65 años fue significativa para los grupos de países con más población envejecida, a diferencia del grupo 4 donde la esperanza de vida es menor ya que son países menos desarrollados que los otros tres grupos de análisis. Para el grupo 1 y 2, en promedio la población mayor a 65 años es del 14.03% mientras que para grupo 4 es de 7.36%.

Para los países del grupo 3, los cuales tuvieron una tasa de crecimiento del contagio relativamente alta y una letalidad relativamente baja, la edad de la población y la capacidad sanitaria instalada preexistente, inciden en la tasa de letalidad para la mayoría de periodos de análisis, es decir, el bajo número de camas hospitalarias provoca el colapso del sistema sanitario y por ende incrementan muertes.

Para este grupo, la efectividad del gobierno se asocia negativamente con la variable dependiente para 4 de los 5 periodos de estudio; con ello se demuestra que la confianza al gobierno y la estabilidad política favorece a la hora de enfrentar la crisis sanitaria.

Finalmente, el cuarto grupo de países, los cuales tuvieron más tiempo de preparación ante la pandemia, se caracterizan justamente por una tasa de letalidad y de contagio baja, y son en su mayoría países en vías de desarrollo. El principal factor que disminuye su tasa de letalidad por COVID-19 es el crecimiento del PIB. De esta forma se demuestra que a un país con un nivel económico bajo le cuesta más enfrentar la pandemia.

5.1. Limitaciones

La principal limitación del modelo es el registro de casos confirmados, especialmente en análisis para periodos tempranos. Actualmente, con la crisis sanitaria por la COVID-19 se ha reiterado este problema especialmente porque se desconoce el número exacto de enfermos, ya sea porque las personas infectadas son asintomáticas o por la forma de los gobiernos para registrar los datos (Aliseda, 2020).

Además, el número de contagiados puede diferir de otros países debido a factores como la insuficiente cantidad de pruebas que se realiza (Rubino et al., 2020). Especialmente en los primeros meses de pandemia, aún no existían los test para detectar la enfermedad, y el registro de datos fue bastante ambiguo, tal es el caso que muchas defunciones por COVID-19 fueron registradas como afecciones respiratorias graves (Parra Saiani et al., 2021).

Respecto a lo anterior, la variable dependiente, al ser una medida constituida por los casos confirmados y número de fallecidos por COVID-19, presenta error de medición e influye en la comparabilidad entre países. Sin embargo, es utilizada ya que es la única medida cuyos datos a tiempo tan temprano de la pandemia están disponibles.

6. Referencias Bibliográficas

- Acosta, L. D. (2020). Capacidad de respuesta frente a la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 44:e109, 8. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.109>
- Adultos mayores y COVID-19 | Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades*. (n.d.). Retrieved July 9, 2021, from <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/need-extra-precautions/older-adults.html>
- Aliseda, A. (2020). Modelos Epidemiológicos y COVID-19. *Instituto de Investigaciones Filosóficas*, 1, 7–11.
- Asfahan, S., Shahul, A., Chawla, G., Dutt, N., Niwas, R., & Gupta, N. (2020). Early trends of socio-economic and health indicators influencing case fatality rate of COVID-19 pandemic. *Monaldi Archives for Chest Disease*, 9(3), 451–457. <https://doi.org/10.4081/MONALDI.2020.1388>
- Baron, Y. M. (2020). Incidence and Case-Fatality Ratio of COVID-19 infection in relation to Tobacco Smoking, Population Density and Age Demographics in the USA : could Particulate Matter derived from Tobacco Smoking act as a Vector for COVID-19 transmission? (preprint). *MedRxiv*, 2020.10.04.20206383. <http://medrxiv.org/content/early/2020/10/06/2020.10.04.20206383.abstract>
- Cao, Y., Hiyoshi, A., & Montgomery, S. (2020). COVID-19 case-fatality rate and demographic and socioeconomic influencers: Worldwide spatial regression analysis based on country-level data. *BMJ Open*, 10(11), 1–12. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-043560>
- Chaudhry, R., Dranitsaris, G., Mubashir, T., Bartoszko, J., & Riazi, S. (2020). A

country level analysis measuring the impact of government actions, country preparedness and socioeconomic factors on COVID-19 mortality and related health outcomes. *EClinicalMedicine*, 000, 100464.

<https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100464>

Chisadza, C., Clance, M., & Gupta, R. (2021). Government effectiveness and the covid-19 pandemic. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6).

<https://doi.org/10.3390/su13063042>

Cifuentes-Faura, J. (2021). COVID-19 mortality rate and its incidence in Latin America: Dependence on demographic and economic variables. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13).

<https://doi.org/10.3390/ijerph18136900>

Contini, C., Nuzzo, M. Di, Barp, N., Bonazza, A., de Giorgio, R., Tognon, M., & Rubino, S. (2020). The novel zoonotic COVID-19 pandemic: An expected global health concern. *Journal of Infection in Developing Countries*, 14(3), 254–264.

<https://doi.org/10.3855/jidc.12671>

de Lusignan, S., Dorward, J., Correa, A., Jones, N., Akinyemi, O., Amirthalingam, G., Andrews, N., Byford, R., Dabrera, G., Elliot, A., Ellis, J., Ferreira, F., Lopez Bernal, J., Okusi, C., Ramsay, M., Sherlock, J., Smith, G., Williams, J., Howsam, G., ... Hobbs, F. D. R. (2020). Risk factors for SARS-CoV-2 among patients in the Oxford Royal College of General Practitioners Research and Surveillance Centre primary care network: a cross-sectional study. *The Lancet Infectious Diseases*, 3099(20). [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30371-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30371-6)

Global Preparedness Monitoring Board. (2019). Un mundo en peligro: Informe anual sobre preparación mundial para las emergencias sanitarias. In *Informe anual sobre*

preparación mundial para las emergencias sanitarias.

https://apps.who.int/gpmb/assets/annual_report/GPMB_Annual_Report_Spanish.pdf

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Cluster Analysis: Basic Concepts and Methods*.

En U. Fayyad., G. Grinstein., & A. Wierse (Eds). *Data Mining Concepts and Techniques* (3° ed., pp. 451). Elsevier.

Huerta, R., & Venegas, M. (2020). El gasto público en salud frente a la pandemia por CoVid 19 en México. *Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública.*, IX(2), 47-64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7874930>

Ilardi, A., Chieffi, S., Iavarone, A., & Ilardi, C. R. (2021). SARS-CoV-2 in Italy: Population density correlates with morbidity and mortality. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 74(1), 61–64. <https://doi.org/10.7883/yoken.JJID.2020.200>

Javed, A. (2020). Case Fatality Rate estimation of COVID-19 for European Countries: Turkey's Current Scenario Amidst a Global Pandemic; Comparison of Outbreaks with European Countries. *Eurasian Journal of Medicine and Oncology*, 4(2), 149–156. <https://doi.org/10.14744/ejmo.2020.60998>

Jinjarak, Y., Ahmed, R., & Nair, S. (2021). VAccounting for Global COVID (19) Diffusion Patterns. *Europe*, 4(April), 515–559. <https://european.economicblogs.org/voxeu/2020/ahmed-nair-desai-xin-aizenman-accounting-global-covid-19-diffusion-patterns>

Journal, P. A. (2020). *Capacidad de respuesta frente a la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe*. 1–8.

Khan, J. R., Awan, N., Islam, M. M., & Muurlink, O. (2020). *Healthcare Capacity*,

Health Expenditure, and Civil Society as Predictors of COVID-19 Case Fatalities: A Global Analysis. *Frontiers in Public Health*, 8(July), 1–10.

<https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00347>

King, J. T., Yoon, J. S., Rentsch, C. T., Tate, J. P., Park, L. S., Kidwai-Khan, F., Skanderson, M., Hauser, R. G., Jacobson, D. A., Erdos, J., Cho, K., Ramoni, R., Gagnon, D. R., & Justice, A. C. (2020). Development and validation of a 30-day mortality index based on pre-existing medical administrative data from 13,323 COVID-19 patients: The Veterans Health Administration COVID-19 (VACO) Index. *PLoS ONE*, 15(11 November), 1–16.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241825>

Li, A. Y., Hannah, T. C., Durbin, J. R., Dreher, N., McAuley, F. M., Marayati, N. F., Spiera, Z., Ali, M., Gometz, A., Kostman, J. T., & Choudhri, T. F. (2020). Multivariate Analysis of Black Race and Environmental Temperature on COVID-19 in the US. *American Journal of the Medical Sciences*, 360(4), 348–356.

<https://doi.org/10.1016/j.amjms.2020.06.015>

Liang, L. L., Tseng, C. H., Ho, H. J., & Wu, C. Y. (2020). Covid-19 mortality is negatively associated with test number and government effectiveness. *Scientific Reports*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68862-x>

Moreno, A., López, S., & Corcho, A. (2015). Principales medidas en epidemiología. *Salud Pública de México*, 42(4), 338–348.

https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/spm/v42n4/2882.pdf

OMS. (2019). *Programa Mundial de la OMS de Investigación de Salud Pública sobre la Gripe*. 1–22.

http://origin.who.int/influenza/resources/research/2010_11_15_global_influenza_research_agenda_version_01_es.pdf

- OPS. (2021). Actualización Epidemiológica Enfermedad por coronavirus Tabla de Contenido. *Ops*, 26.
- Park, S., & Cha, Y. (2020). The moderating effect of demographic and environmental factors in the spread and mortality rate of COVID-19 during peak and stagnant periods. *Korean Journal of Policy Studies*, 35(2), 77–105.
<https://doi.org/10.52372/kjps35204>
- Parra Saiani, P., Campo, E., Gobo., & Geleotti, M. (2021). Límites y fallas de los modelos epidemiológicos y predictivos en la epidemia SARS-COV-2 en Italia. In *Impactos Sociales del Covid-19. Miradas desde la Sociología* (pp. 87-89). Federación Española de Sociología (FES).
- Peralta, G., Carozzo, T., Sierra, M., & Bu, E. (2020). Enfermedad por coronavirus (COVID-19): la pandemia según la evidencia actual. *Innovare: Revista de Ciencia y Tecnología*, 9(1), 15–27. <https://doi.org/10.5377/innovare.v9i1.9657>
- Promislow, D. E. L., & Anderson, R. (2020). A Geroscience Perspective on COVID-19 Mortality. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 75(9), e30–e33. <https://doi.org/10.1093/gerona/glaa094>
- Rocklöv, J., & Sjödin, H. (2021). High population densities catalyse the spread of COVID-19. *Journal of Travel Medicine*, 27(3), 1–2.
<https://doi.org/10.1093/JTM/TAAA038>
- Rodríguez-Zúñiga, M. J. M., Quintana-Aquehua, A., Díaz-Lajo, V. H., Charaja-Coata, K. S., Becerra-Bonilla, W. S., Cueva-Tovar, K., Valle-Gonzalez, G. A., Rojas-De-

- La-Cuba, P., Alva-Gutierrez, C. A., Cerpa-Chacaliaza, B., & Mendoza-Ticona, A. (2020). Factores de riesgo asociados a mortalidad en pacientes adultos con neumonía por SARSCoV-2 en un hospital público de Lima, Perú. *Acta Medica Peruana*, 37(4), 437–446. <https://doi.org/10.35663/amp.2020.374.1676>
- Rubino, S., Kelvin, N., Bermejo-Martin, J. F., & Kelvin, D. J. (2020). As COVID-19 cases, deaths and fatality rates surge in Italy, underlying causes require investigation. *Journal of Infection in Developing Countries*, 14(3), 265–267. <https://doi.org/10.3855/jidc.12734>
- Sanmartín-Durango, D., Henao-Bedoya, M. A., Valencia-Estupiñán, Y. T., & Restrepo-Zea, J. H. (2019). Efficiency of health expenditure in the OECD and LAC: A data envelopment analysis. In *Lecturas de Economía* (Issue 91). <https://doi.org/10.17533/udea.le.n91a02>
- Sara Ochoa, J. E., & Sara Cueto, M. C. (2021). Enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19). *Medicina UPB*, 40(2), 41–49. <https://doi.org/10.18566/medupb.v40n2.a06>
- Serikbayeva, B., Abdulla, K., & Oskembayev, Y. (2021). State Capacity in Responding to COVID-19. *International Journal of Public Administration*, 44(11–12), 920–930. <https://doi.org/10.1080/01900692.2020.1850778>
- Sorci, G., Faivre, B., & Morand, S. (2020). Explaining among-country variation in COVID-19 case fatality rate. *Scientific Reports*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75848-2>
- Toshkov, D., Carroll, B., & Yesilkagit, K. (2021). *Government capacity, societal trust or party preferences: what accounts for the variety of national policy responses to the COVID-19 pandemic in Europe?*

<https://doi.org/10.1080/13501763.2021.1928270>

Urban Density Is Not an Enemy in the Coronavirus Fight: Evidence from China |

World Bank (n.d.). Retrieved December 21, 2021, from

<https://blogs.worldbank.org/sustainablecities/urban-density-not-enemy-coronavirus-fight-evidence-china>

Waltenburg, M. A., Victoroff, T., Charles, J., Rose, E., Butterfield, M., Jervis, R. H., Fedak, K. M., Gabel, J. A., Feldpausch, A., Dunne, E. M., Austin, C., Farah, J., Ahmed, S., Tubach, S., Rhea, C., Krueger, A., David, J., Crum, A., Vostok, J., ... Honein, M. A. (2020). *Morbidity and Mortality Weekly Report Update: COVID-19 Among Workers in Meat and Poultry Processing Facilities-United States, April-May 2020*. *69*(27), 887–892. <https://www.cdc.gov>.

Winskill, P., Whittaker, C., Walker, P., Watson, O., Laydon, D., Imai, N., Cuomo-Dannenburg, G., Ainslie, K., Baguelin, M., Bhatt, S., Boonyasiri, A., & Cattarino, L. (2020). *Report 22 : Equity in response to the COVID-19 pandemic : an assessment of the direct and indirect impacts on disadvantaged and vulnerable populations in low- and lower middle-income countries*. May, 1–21.

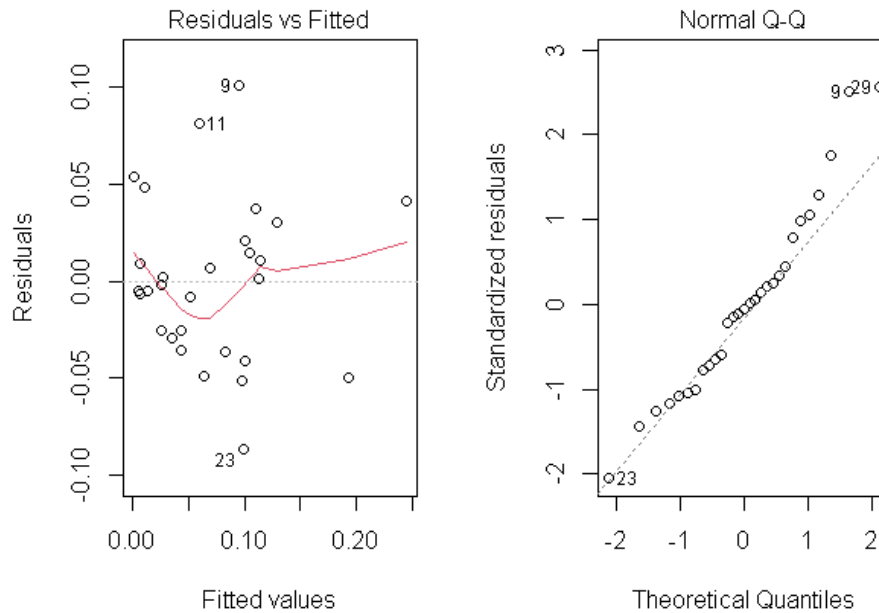
Wooldridge, J. (2009). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno*.

Zevallos, J. C., & Lescano, C. U. (2020). *Letalidad y la mortalidad de Covid 19 en 60 países afectados y su impacto en los aspectos demográficos , económicos y de salud*. 214–221.

7. Anexos

Anexo 1. Ilustraciones de la detección de atípicos mediante residuos estudentizados

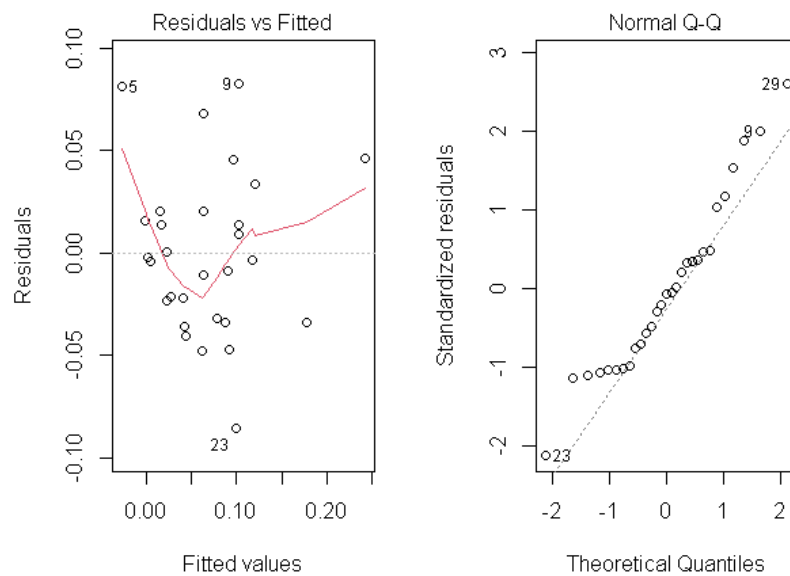
Anexo 1.1. Residuos estudentizados del grupo 1 y 2 para el periodo de 120 días



Fuente: BM, OMS, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

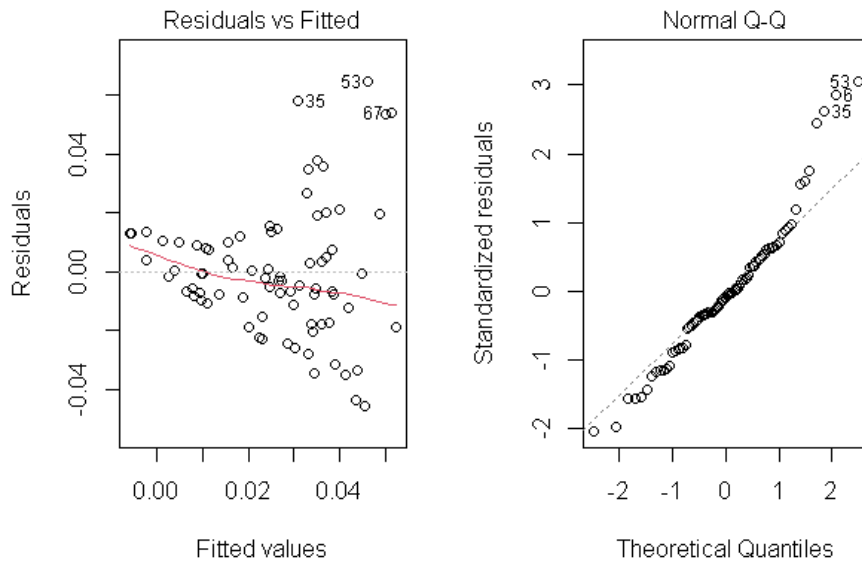
Anexo 1.2. Residuos estudentizados del grupo 1 y 2 para el periodo de 150 días



Fuente: BM, OMS, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

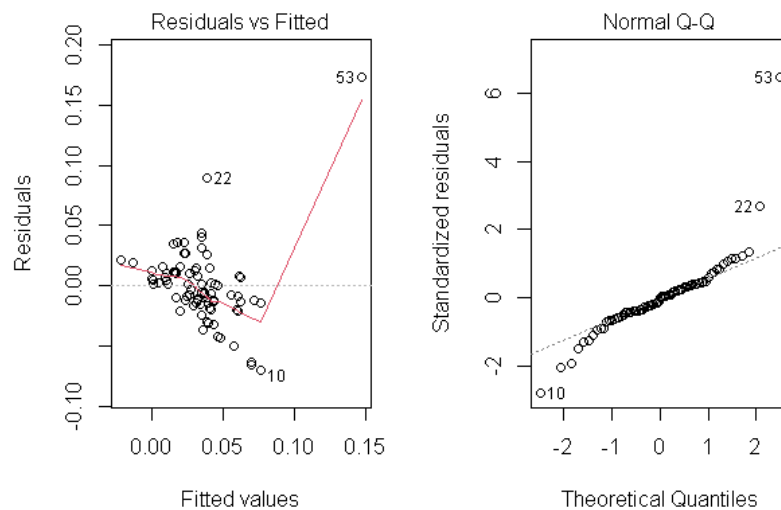
Anexo 1.3. Residuos estudentizados del grupo 3 para el periodo de 30 días



Fuente: BM, OMS, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora

Anexo 1.4. Residuos estudentizados del grupo 3 para el periodo de 60 días



Fuente: BM, OMS, el Índice Global de Innovación, la Escuela de Gobierno Blavatnik de Oxford y el Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades.

Elaborado por: La Autora