

CASOS CONFIRMADOS Y MORTALIDAD POR COVID-19 EN SUDAMÉRICA: UN ANÁLISIS COMPARATIVO POR MILLÓN DE HABITANTES



CONFIRMED CASES AND MORTALITY FROM COVID-19 IN SOUTH AMERICA: A COMPARATIVE ANALYSIS PER MILLION INHABITANTS

Berrocal Huamaní, Nelson; Nuñez Arotoma, Maria Estrella; Orosco Gavilán, Juan Carlos; Llaque Quiroz, Patricia Beatriz; Lizana Medrano, Magaly

 Nelson Berrocal Huamaní
nelson.berrocal@unsch.edu.pe
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga,
Perú

 Maria Estrella Nuñez Arotoma
nunezarotomamariaestrella@gmail.com
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga,
Perú

 Juan Carlos Orosco Gavilán
juan.orosco@upn.edu.pe
Universidad Privada del Norte, Perú

 Patricia Beatriz Llaque Quiroz
patriciallaque83@gmail.com
Instituto Nacional de Salud del Niño San Borja, Perú

 Magaly Lizana Medrano
magaly.lizana.29@unsch.edu.pe
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga,
Perú

Puriq
Universidad Nacional Autónoma de Huanta, Perú
ISSN: 2664-4029
ISSN-e: 2707-3602
Periodicidad: Cuatrimestral
vol. 2, núm. 3, 2020
revistapuriq@unah.edu.pe

Recepción: 01 Julio 2020
Aprobación: 20 Julio 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/514/5143156007/>

DOI: <https://doi.org/10.37073/puriq.2.3.95>

Autor de correspondencia: nelson.berrocal@unsch.edu.pe

Resumen: El presente artículo muestra una comparación de los casos confirmados y muerte por la enfermedad del Coronavirus (COVID-19), entre países de Sudamérica, considerando casos por millón de habitantes y uniformizando el tiempo de contagio, desde el día de confirmación del caso cero. El objetivo es comparar, proporcionalmente, la propagación de este virus y de esta forma evaluar el resultado de las medidas adoptadas por los gobiernos en contra del COVID-19. Además, proporcionamos una comparación entre los países más afectados de América, predicciones a corto plazo y un estimado del fin de los casos confirmados en los países más afectados usando métodos estadísticos. Evidenciando que los países más afectados por la pandemia son Perú, Chile, Ecuador y Brasil, en ese orden.

Palabras clave: COVID-19, infecciones por coronavirus, pandemia, Sudamérica.

Abstract: This article shows a comparison of confirmed cases and death from Coronavirus disease (COVID-19), among South American countries, considering cases per million inhabitants and standardizing the time of infection, from the day of confirmation of case zero. The objective is to proportionally compare the spread of this virus and thus evaluate the result of the measures taken by governments against COVID-19. In addition, we provide a comparison between the most affected countries in America, short-term predictions and an estimate of the end of confirmed cases in the most affected countries using statistical methods. Proving that the countries most affected by the pandemic are Peru, Chile, Ecuador and Brazil, in that order.

Keywords: 19, coronavirus infections, pandemic, South America.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

CITAR COMO: Berrocal Huamani, N., Nuñez Arotoma, M. E., Orosco Gavilán, J. C., Llaque Quiroz, P. B., & Lizana Medrano, M. (2020). Casos confirmados y mortalidad por COVID-19 en Sudamérica: un análisis comparativo por millón de habitantes. *Puriq*, 2(3), 209–221. <https://doi.org/10.37073/puriq.2.3.95>

INTRODUCCIÓN

El coronavirus 2019 (COVID-19) es una enfermedad, con compromiso principalmente respiratorio, que resulta de la infección por coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2), Centers for Disease Control and Prevention (2020). Tras los informes iniciales del brote de la enfermedad en China en diciembre del 2019, “el COVID-19 se ha extendido en los primeros 3 meses en más de 100 países”, (Wu y McGoogan, 2020 p. 1). La evolución de esta pandemia en términos de incidencia, mortalidad y velocidad de expansión es heterogénea, estas diferencias entre países e incluso entre regiones del mismo país, requiere comprender los factores que impulsan su comportamiento, conforme a la Organización Mundial de la Salud” (OMS, 2020).

Distintos trabajos revelan que existe subestimación generalizada de la magnitud de la epidemia. “Es necesario mejorar la identificación de casos y la eficacia de los sistemas de vigilancia epidemiológica”, según los autores (Medeiros *et al.*, 2020 p. 1-3), para un mejor control y toma de decisiones adecuadas, que conlleven a un mejor manejo de esta enfermedad, que se resume en evitar más muertes. Por tal motivo, este trabajo nos permitirá evaluar en cierto sentido, el resultado de las medidas adoptadas por los gobiernos de Sudamérica, los cuales nos sugerirán (con los datos del número de casos confirmados y muertes) en qué países están siendo más efectivas las medidas implementadas.

Para poder comparar las distintas realidades que se dan en Sudamérica, teniendo en cuenta que los países que la conforman no poseen demografía similar y, además, su fecha de confirmación del caso cero por COVID-19 no es la misma. Consideramos los casos confirmados y muertes por millón de habitantes, y uniformizamos el tiempo de contagio, desde el día de confirmación del caso cero para cada país, con el fin de poder visualizar adecuadamente la cantidad de contagiados, sin que esta muestre sesgos por su población pequeña o grande y sin que el tiempo de contagio sea distinta. Así obtenemos resultados que salen de nuestra percepción lógica; un ejemplo claro es el caso de Brasil, si bien este país tiene el mayor número de contagiados en Sudamérica, pero en casos por millón, Brasil está por debajo de Perú, Chile y Ecuador.

Esta forma de hacer estas comparaciones ya fue realizada por Wallace (2020) en su artículo de información que presenta una comparación hasta al día 35 de contagio, pero hace solo una comparación del total de casos confirmados en países de Centro y Sur América con más de 1000 casos. Otro trabajo relacionado en esta dirección fue realizado por el Área de Investigación e Incidencia de la Escuela de Gobierno y Políticas Públicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú (2020), en la cual aparece una comparación de los casos confirmados por millón de habitantes hasta el día 36 de contagio entre algunos países de Sudamérica, pero solo a escala logarítmica. Fue por tales motivos la necesidad de realizar este trabajo que es más completo en un análisis de casos por millón entre los países de Sudamérica, comparando entre los países más afectados de toda América y, al final, hacer algunas predicciones con modelos estadísticos y matemáticos.

NOTAS DE AUTOR

Email: nelson.berrocal@unsch.edu.pe

MÉTODOS Y MATERIALES

En la investigación se realizó un estudio descriptivo y comparativo de la tasa de contagio por millón de habitantes, y el número de contagio y muerte por la COVID-19 en Sudamérica, considerando un tiempo uniforme, es decir, se recolectó información a partir del primer reporte del caso confirmado con la COVID-19 hasta el 29 de junio de 2020 en cada país sudamericano. Los datos del número de casos confirmados y muertes de cada país fueron tomados de Our World in Data (2020) además de corroborar con información oficial correspondiente a cada país; la población total hasta el 29 de junio de 2020 para cada país fue obtenido de Worldometers (2020), a partir de estas informaciones se obtuvieron las tasas de contagio y muerte por millón de habitantes mediante:

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ de contagiados por millón de habitante} &= \frac{\text{N}^\circ \text{ de contagiados en el país}}{\text{Población total en el país}} \times 10^6 \\ \text{N}^\circ \text{ de muertes por millón de habitantes} &= \frac{\text{N}^\circ \text{ de muertes en el país}}{\text{Población total en el país}} \times 10^6 \end{aligned}$$

Se realizaron análisis gráficos de escalas lineales y logarítmicas de los números de contagiados y muertes por la COVID-19, para la realización de cada uno de los gráficos se usó el paquete *ggplot2* del *software R*, y para la edición de aspecto de las gráficas se usó el software *Inkscape*.

En Brasil se detectó el primer paciente con COVID-19 el 26 de febrero, seguido por Ecuador (29 de febrero), Chile (3 de marzo), Argentina (4 de marzo), Colombia y Perú (6 de marzo), Paraguay (7 de marzo), Bolivia (10 de marzo) y, finalizando, con Uruguay y Venezuela el 13 de marzo. Dado que existe un desfase en el reporte del primer caso en los países, se consideró en el análisis de la investigación realizar un corte transversal para algunas interpretaciones pertinentes a la investigación en el día 107 tomando como referencia los países de Uruguay y Venezuela dado que estos presentan en total 109 días de contagio hasta el 29 de junio.

Cabe indicar que para el estudio no se tomó en cuenta factores como el número de pruebas realizadas, pues no se tiene un estimado de pruebas que se deba hacer para tener mejores muestreos de casos confirmados y muertes, teniendo en cuenta que en algunos países dichas pruebas escasean por la demanda.

También se realizó un pronóstico de los países que tienen mayor presencia de contagio por millón de habitantes, este pronóstico se realizó mediante los modelos ARIMA, siguiendo la metodología propuesta por los autores en (Box y Jenkins, 1970) para cada país que consiste en el análisis exploratorio, identificación de los modelos, selección del modelo adecuado y estimación, adecuación de los modelos y finalmente la predicción. Los modelos ARIMA propuesto por Box y Jenkins es una de las técnicas de modelamiento para series temporales, que consiste en ajustar modelos auto-regresivos integrados de medias móviles a un conjunto de datos, son expresados como $ARIMA(p,d,q)$, donde el parámetro p es el orden de un proceso autorregresivo, d es el orden de diferencia para que la serie sea estacionaria y q es el orden de un proceso de medias móviles. En los procesos de Box y Jenkins se usaron gráficas de autocorrelación y autocorrelación parcial, pruebas de raíces unitarias de Dickey y Fuller, Prueba de Ljung y Box, los criterios de información de Akaike (AIC) y de Schwarz (BIC) para obtener los mejores modelos para cada país y finalmente se realizaron predicciones puntuales y por intervalo.

Finalmente, se realizó un pronóstico para el fin del número de contagio acumulado por millón de habitantes mediante el método del modelo de pronóstico de crecimiento logístico. El modelo de crecimiento logístico usado en el artículo “Using phenomenological models for forecasting the 2015 Ebola challenge”, estudiado por los autores (Pell *et al.*, 2018, p. 2), para el pronóstico del Ébola o el crecimiento de una población de bacterias, permite obtener una aproximación del valor del número de casos confirmados para

cuando este no aumente o no represente un aumento significativo; de esta manera, nos permite observar un futuro del día cuando este número llegue a ser constante o estable, se caracteriza por presentar una tendencia creciente al inicio de algún evento y una etapa de decrecimiento a medida que se acerca el máximo o fin del evento. El supuesto básico del modelo es que la tasa de cambio o ratio de contagio disminuye linealmente con el número de casos, de esta manera si C representa el número de casos, y t el tiempo el modelo es expresado como:

$$\frac{1}{C} \frac{dC}{dt} = r \left(1 - \frac{C}{K} \right)$$

Donde: r es la ratio de contagio y K es el tamaño final de la pandemia. Conociendo el número de casos inicial, es decir $C = C_0$, entonces la solución de la ecuación será:

$$C = \frac{K}{1 + A \exp(-rt)}$$

Donde: $A = \frac{K - C_0}{C_0}$, el valor de K fue aproximado mediante métodos numéricos de convergencia de una secuencia, dando un aproximado del número de contagio del final de la COVID-19.

El análisis de pronósticos ARIMA y de crecimiento logístico se realizaron con el *software R* usando los paquetes *tseries*, *forecast*, *timeSeries* y *stats*, y sus gráficas respectivas mediante el paquete *ggplot2*.

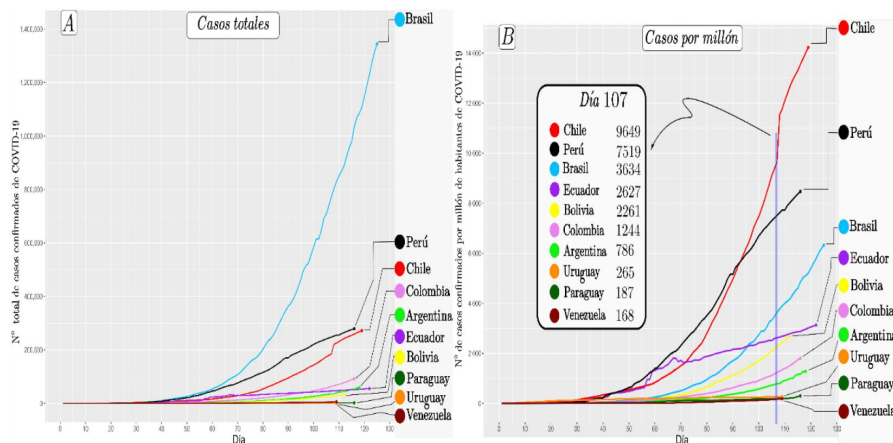


FIGURA 1

Gráficas a escala lineal (A) Número total de casos confirmados vs días de contagio. (B) Número de casos confirmados por millón de habitantes vs días de contagio. Corte en el día 107 donde se desglosa la cantidad de casos confirmados para cada país en ese día.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando desde el primer caso confirmado de COVID-19 para cada país, en la figura 1A se aprecia que el número de casos confirmados en Brasil presenta una tendencia creciente muy comúnmente mal llamada crecimiento exponencial, pues, aunque presenta un crecimiento veloz sabemos que nunca será un crecimiento completamente exponencial porque se espera que en algún momento este crecimiento se mantenga casi constante o constante; también se aprecia que Perú y Ecuador, aparentemente, siguen la misma tendencia, siendo estos los países que presentan mayor número de contagios. Sin embargo, observando el número de contagios por millón de habitantes de cada país (figura 1B) se muestra que los países que presentan mayor número de casos confirmados son liderados por Chile y Perú con una tendencia rápidamente creciente superando los 14000 y 8000 casos confirmados por millón de habitantes, respectivamente, seguidos de Brasil superando los 6000 y Ecuador cercano a 3000 casos confirmados por millón de habitantes, considerando que ambos países presentan más días desde el primer registro de contagio que Perú y Chile.

Respecto al número de muertos por la COVID-19, Brasil es el país con el mayor número de muertes en Sudamérica superando los 5 mil, seguido de Perú cercano a 10 mil muertes, Chile y Ecuador bordeando las 5000 muertes, desde la identificación del primer caso confirmado. Observando el número de muertes por millón de habitantes (figura 2B), se observa que Chile y Perú lideran el número de muertes por COVID-19, superando los 270 muertos por millón de habitantes, seguido de Brasil y Ecuador con más de 250 muertes por millón de habitantes.

Además, cabe recalcar la cantidad de población que tiene cada país, mostrado en la tabla 1, donde se observa que Brasil supera 12 veces la población de Ecuador, 11 veces la población de Chile y 6 veces la población de Perú, mostrándonos indicios de que no es viable las interpretaciones usuales acerca del número de casos confirmados y muertes, siendo una interpretación más objetiva con los casos confirmados y muertes por millón de habitantes.

Para una mejor visualización respecto a la tendencia de rapidez de aumento de los casos confirmados y muertes por millón de habitantes por la COVID-19, en la figura 3A en escala logarítmica, se observa que para 1 a 10 casos confirmados, la mayoría de países presentan una velocidad de crecimiento muy similares, excepto de Venezuela que presenta un crecimiento desacelerado, y contradictoriamente Uruguay presentando una tendencia de aumento veloz, siendo el único país con esta característica; y para 10 a 1000 casos confirmados se observa claramente que Perú, Chile, Ecuador y Brasil presentan una velocidad de aumento más rápido que el resto de países sudamericanos, excepto de Uruguay parecen seguir la misma tendencia; sin embargo, el aumento de contagios tiende a ser más lento; en este intervalo también se observa que Uruguay a partir de los 100 casos confirmados presenta una tendencia casi constante, siendo este el país que mejor tiene controlado el número de contagios por millón de habitantes.

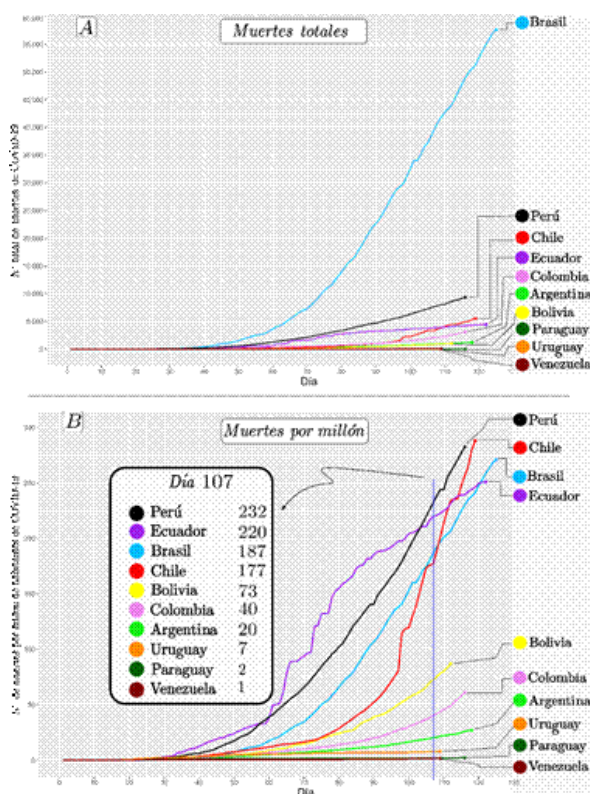


FIGURA 2

Graficas a escala lineal (A) Número total de personas fallecidas vs días de contagio. (B) Número de personas fallecidas por millón de habitantes vs días de contagio. Corte en el día 107 donde se desglosa la cantidad de muertes para cada país en ese día.

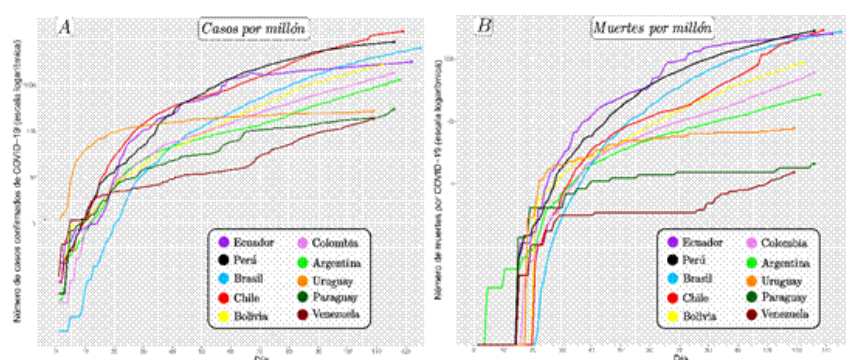


FIGURA 3

(A) Número de casos confirmados vs días de contagio. (B) Muertes por millón de habitantes vs días de contagio. Gráficas en escala logarítmica, desde el primer día de registro del paciente con COVID-19.

Respecto al número de muertes por millón de habitantes por la COVID-19, según la figura 3B, en escala logarítmica se aprecia que los países que presentan una velocidad de crecimiento rápido son Ecuador, Perú y Brasil, seguido de Chile con una tendencia a continuar en ascenso; los países donde se aprecia que el número de muertes por millón de habitantes no están en ascenso o tienen un ascenso muy lento son Uruguay y Paraguay, se puede observar también que Venezuela a partir de los último 7 días presenta una tendencia de ascenso.

TABLA 1

Promedios de casos confirmados y muertes en total y por millón de habitantes.

País	Promedio de casos confirmados	Promedio de casos confirmados por millón de hab.	Promedio de n° de muertes	Promedio N° de muertes por millón de hab.	N° de días desde el caso cero hasta el 29-Junio	N° de habitantes
Argentina	11136,42	246,4	332,69	7,36	118	45195777
Bolivia	6278,84	537,89	217,21	18,61	112	11673029
Brasil	274718,49	1292,43	14469,19	68,07	125	212559417
Chile	59063,48	3089,71	923,15	48,29	119	19116201
Colombia	18549,03	364,54	627,84	12,34	116	50882884
Ecuador	21911,82	1241,95	1638,08	92,85	122	17643054
Paraguay	569,07	79,79	7,91	1,11	116	7132530
Perú	83069,65	2519,41	2448,75	74,27	116	32971854
Uruguay	592,94	170,69	14,33	4,13	109	3473727
Venezuela	1107,88	38,96	12,5	0,44	109	28435943

De la tabla 1, respecto al promedio de casos confirmados y promedio de casos confirmados por millón de habitantes por la COVID-19 (el promedio está dado como el total de casos hasta el día 107 entre el total de días que es 107 se puede observar que, aunque Brasil presente un promedio mayor de número de casos confirmados, su promedio por millón de habitantes es mucho menor respecto a Chile y Perú. Comparando con los promedios de Perú, se observa que en el número de casos confirmados es menor solamente al de Brasil con un valor de 83069,65 y 274718,49; sin embargo, los casos confirmados por millón de habitantes se diferencian considerablemente presentando ahora un mayor número promedio en Perú con un valor 2519,41 y para Brasil un valor de 1292,43 casos confirmados en promedio por millón de habitantes. Respecto a los promedios del número de muertes, Brasil presenta mayor promedio; sin embargo, por millón de habitantes se observa que Ecuador supera ampliamente a los demás países con un promedio de 92,85 y seguido de Perú con 74,27 decesos por millón de habitantes.

Comparación en América

Comparando las incidencias respecto a algunos países de América, en la figura 4 y figura 5 se observa que Chile, Perú presentan mayores números de casos confirmados por millón de habitantes, superando incluso a Estados Unidos y por mucho a Canadá y México; Panamá parece seguir la misma tendencia de Chile y Perú. Sin embargo, comparando el número de muertes por millón de habitantes Estados Unidos supera los 375, y los países sudamericanos tienden a seguir el mismo comportamiento.

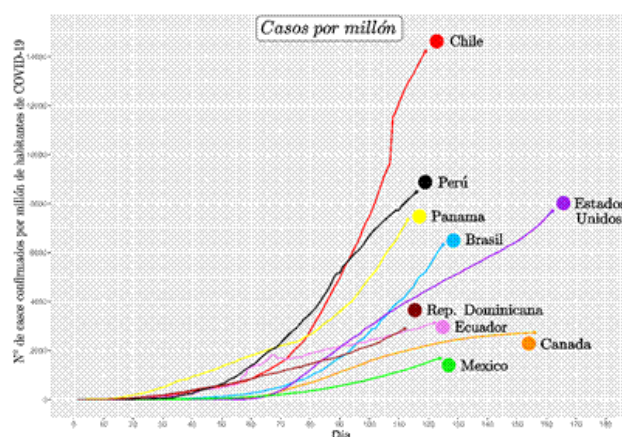


FIGURA 4

Número de casos confirmados por millón de habitantes vs días de contagio, de los países con mayor incidencia de COVID-19, desde la confirmación del primer caso.

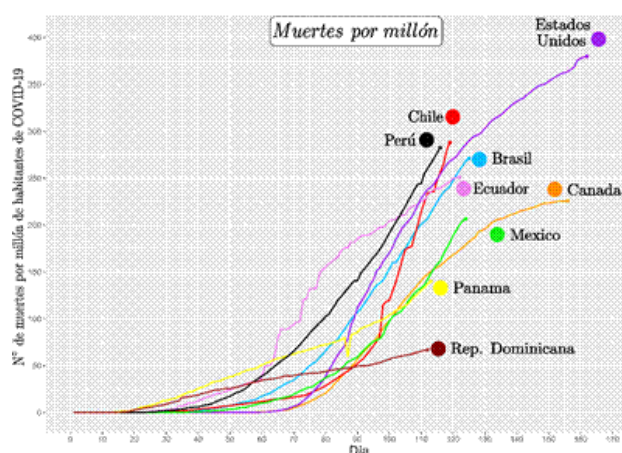


FIGURA 5

Número de personas fallecidas por millón de habitantes vs días de contagio, de los países con mayor incidencia de COVID-19, desde la confirmación del primer caso.

Pronósticos a corto plazo

Se realizaron los ajustes de modelos ARIMA para el número de contagio por millón de habitantes, desde el primer registro de contagio hasta el 29 de junio y los pronósticos hasta 3 semanas hacia adelante, es decir hasta el 19 de julio para los países de Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador y Perú. En la Tabla 2 se muestran las estimaciones de los parámetros de los modelamientos ARIMA para cada país, así también el estadístico de Ljung y Box; se observaron que en cada uno de los modelos, según el estadístico de Ljung y Box, los residuales de cada modelo no presentan autocorrelaciones, es decir los residuales presentan un

comportamiento de ruido blanco, con valores significativos altos, de esta manera no rechazando las hipótesis nula de independencia de los residuales y evidenciando la adecuación óptima de los modelos.

De la figura 6, se tiene la gráfica de los pronósticos del número de casos confirmados por millón de habitantes se observa que hasta el 19 de Julio, tenemos que Chile seguirá su tendencia creciente del número de contagio, al igual que Bolivia, Brasil y Perú que no parecen cambiar su comportamiento. Sin embargo, Ecuador espera disminuir el número de contagios y posiblemente mantener una tendencia constante en las últimas dos semanas al 17 de julio.

TABLA 2

Coefficientes estimados y prueba de autocorrelación de los residuales Ljung y Box de los modelos ARIMA, para los casos confirmados por millón de habitantes hasta el 29 de junio.

País	Coeficientes (s.e)			Ljung-Box (p-valor)
Bolivia	AR (1)	AR (2)		0.0987 (0.7533)
	-0.7563 (0.0938)	-0.2426 (0.0963)		
Brasil	AR (1)	AR (2)	MA (1)	0.5053 (0.4772)
	0.009 (0.1033)	-0.3445 (0.0934)	-0.6875 (0.0758)	
Chile		MA (1)		0.0923 (0.7613)
		-0.8609 (0.0454)		
Ecuador	MA (1)	MA (2)		0.1726 (0.6778)
	-0.0039 (0.0838)	0.4713 (0.0747)		
Perú	MA (1)			0.7125 (0.3986)
	-0.761 (0.0525)			

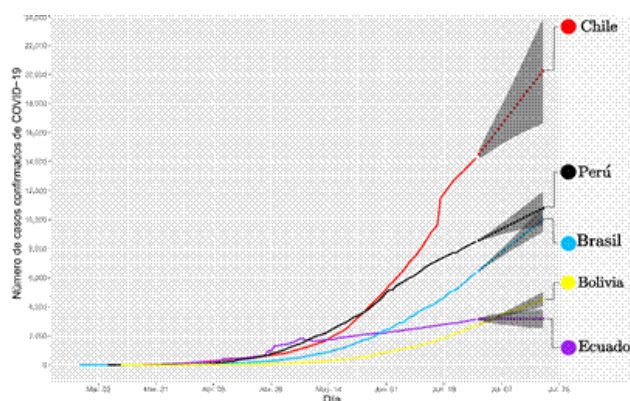


FIGURA 6

Pronóstico ARIMA del número de casos confirmados por millón de habitantes desde el 29 de junio hasta el 19 de julio, puntual y por intervalo a un nivel del 95% de confianza, formada por las líneas punteadas.

Pronósticos del fin de la pandemia

En la figura 7, se aprecian los aproximados del día cuando el número de contagios o casos confirmados es de forma constante de los países donde hubo mayor incidencia de COVID-19; para Chile se observa que es el país que le tomaría más tiempo en combatir la pandemia, a partir del día 175 desde el inicio del primer registro del paciente con COVID-19 se reduce el número de contagios por día y a partir del día 200 esta se mantiene

constante, es decir el no aumento significativo del número de casos confirmados, al fin de la pandemia Chile registraría un total de 23700 ± 450 casos confirmados por millón de habitantes.

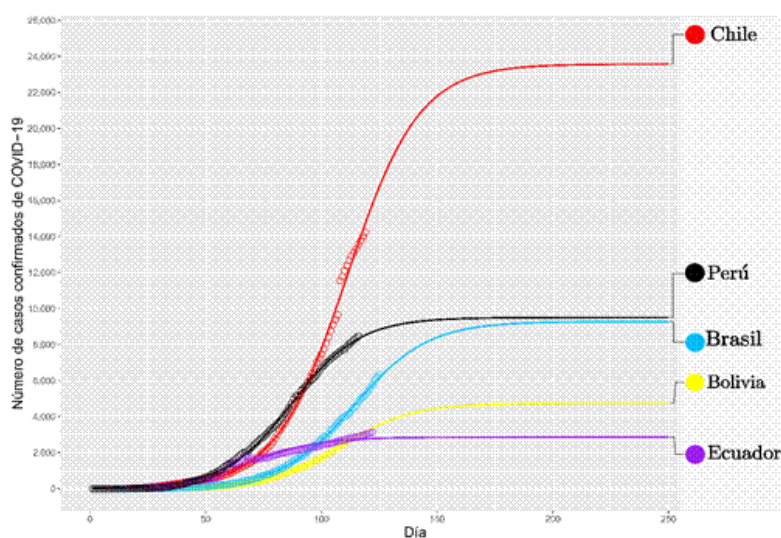


FIGURA 7

Pronóstico mediante el modelo logístico del fin del número de casos confirmados por millón de habitantes de COVID-19. Donde las líneas formadas por círculos representan los datos actuales (a la fecha 29 de junio), y las líneas continuas representan las predicciones.

Perú y Bolivia parecen presentar un mismo comportamiento, a partir del día 150 hay una disminución significativa del número de casos confirmados, es decir, a finales de julio, Perú presentaría una disminución y Bolivia a inicios del mes de agosto, con un total del número de contagiados por millón de habitantes de 9500 ± 370 y 4750 ± 105 , respectivamente. Brasil presentaría un comportamiento parecido al de Chile, le tomaría más tiempo combatir la pandemia, presentando de forma constante el número de contagios a los 200 días y con un total de 9400 ± 570 contagios por millón de habitantes, a pesar de presentar un menor número de contagios que Perú Brasil presenta mayor riesgo de contagio, y por último Ecuador ya se encontraría en los días en que no se espera que el número de casos confirmados aumente con total de 300 ± 85 casos confirmados por millón de habitantes.

DISCUSIÓN

Conforme a los resultados obtenidos, un país que tenga mayor número de contagiados y muertos que otros no significa que en proporción al número de habitantes también lo sea, como se observó para el caso de muertes por John Hopkins University of Medicine (JHUM, 2020). Esto lo evidencia el caso de Brasil el cual tiene el mayor número de contagiados en Sudamérica, pero al considerar los casos por millón, Brasil está por debajo de Perú y Chile, en clara diferencia con lo afirmado por una editorial de la revista prestigiosa The Lancet (2020), donde se afirma que Brasil es el país más afectado en Sudamérica, afirmación que hacen sin tener en cuenta una proporcionalidad entre países, del cual se ocupa este trabajo.

Las intervenciones no farmacéuticas como la cuarentena, han tenido un gran efecto en la reducción de la transmisión del COVID-19 en Europa, conforme estudiado por los autores (Seth et al., 2020, p. 4). Sin embargo, el caso de Perú es realmente llamativo, pues siendo el primer país en implementar la cuarentena es también el país que está siendo más afectado por la COVID-19, como ya lo evidenciaron los autores en (Borja et al., 2020). Las diversas medidas implementadas, ciertamente, no dieron los resultados esperados. Sin embargo, reconociendo también que sin esas medidas posiblemente el Perú estaría lamentando más registros

de casos confirmados y decesos. Todo esto refleja la escasa infraestructura y equipamiento en el sector salud, la informalidad laboral, la falta de agua potable, además de considerar el trabajo de Arias et al. (2020) sobre el clima y ubicación geográfica también son factores a considerar (p. 2), entre otros.

CONCLUSIONES

Observando los resultados del procesamiento de los datos hasta el 29 de junio de 2020, el caso especial de Perú, Ecuador y Chile es muy alarmante. Ecuador es el país que tiene mayor número de muertes por millón de habitantes. Chile y Perú son los países con más casos confirmados por millón de habitantes seguidos por Brasil y Ecuador, y en la cantidad de muertes por millón de habitantes Perú está solo por debajo de Ecuador. Desde el enfoque comparativo de este estudio nos muestra que las medidas adoptadas en estos países para frenar la propagación de la COVID-19 no han sido efectivas reflejado en el número de contagios por millón de habitantes y que el sistema de salud ha colapsado con el resultado de la elevada mortalidad por esta enfermedad.

El hecho que un país tenga mayor número de contagiados y muertos que otros no significa que en proporción al número de habitantes también lo sea, esto lo podemos ver claramente de los resultados, pues al considerar el país de Brasil, este tiene el mayor número de contagiados en Sudamérica, pero al considerar los casos por millón vemos que Brasil está por debajo de Perú y Chile. Lo mismo sucede si vemos en el caso de la cantidad de muertos por millón de habitantes. Estos resultados evidencian que en la mayoría de países sudamericanos no disminuirá el número de casos y muertes a un corto plazo, ya que los incrementos de los casos por día aumentan de manera considerable cada día. Sin embargo, se debe de reconocer que una de las limitaciones del estudio es no considerar la densidad poblacional, datos que no han sido registrados por los países, entre otros factores.

El caso de Perú es singular, pues a la fecha (29 de junio del 2020) con más de 92 días de cuarentena y siendo el primer país en implementar la cuarentena es la que está siendo más afectada por la COVID-19, conforme a los resultados obtenidos. Las medidas implementadas, como la cuarentena obligatoria en todo el país, no ha dado los resultados esperados. Sin embargo, reconociendo que también sin esas medidas posiblemente el Perú estaría lamentando más registros de casos confirmados y decesos. También, esto reflejaría la débil infraestructura y equipamiento en el sector salud, la informalidad laboral, la falta de agua potable, el clima y ubicación geográfica también son factores a considerar, entre otros factores que están llevando a este país a consecuencias negativas.

Conforme a la comparación realizada entre los países de todo el continente de América que tienen más casos y muertes por millón de habitantes, podemos notar que los países de Latinoamérica son las que están en peor situación que el resto de países.

Según las predicciones del fin de la pandemia obtenida del modelo logístico, podemos observar que se habrá controlado el COVID-19 a finales de este año 2020.

Una limitación del estudio es que no se ha revisado el contagio y mortalidad por COVID-19 en distintas regiones del país, los cuales aparentemente, siguen curvas distintas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Área de Investigación e Incidencia de la Escuela de Gobierno y Políticas Públicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. (2020). Datos y tendencias del Avance del COVID-19 en Perú después de 50 días del primer caso reportado y de 40 días de cuarentena. PUCP, Lima, Perú: Recuperado de <http://escuela.pucp.edu.pe/gobierno/investigacion/reportes-tematicos-2/datos-y-tendencias-del-avance-del-covid-19-en-peru/>.

- Arias, R. C., Zubiera, D.N., Poma, M. L., Aliaga, R. F., Carbajal, R. F., Dutschmann, M., Gasser, E.S., Calleja, G.Z., Soliz, J. (2020). Does the pathogenesis of SARS-CoV-2 virus decrease at high-altitude? *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 277. 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2020.103443>
- Borja, A., Grasso, D. y Llaneras, K. (06 de junio de 2020). España es el país con el segundo mayor exceso de muertes durante la crisis del coronavirus. *El País*. <https://elpais.com/sociedad/2020-06-05/espana-es-el-pais-con-el-segundo-mayor-exceso-de-muertes-durante-la-crisis-del-coronavirus.html>.
- Box, G.E.P. and Jenkins, G. M. (1970). *Time Series Analysis Forecasting and Control*. California, USA: Holden day.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2020). Coronavirus Disease 2019 (COVID- 19). USA: Recuperado de <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/summary.html>.
- Editors of The Lancet. (2020). COVID-19 in Brazil. "So what?". *The Lancet*. Volume 395 Number 10235: p1461. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31095-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31095-3)
- John Hopkins University of Medicine. (2020). Baltimore; MAPS & TRENDS, Mortality Analyses. Recuperado de <https://coronavirus.jhu.edu/data/mortality>.
- Medeiros F.A., Daponte, A., Marculino, M.D., García, E. G. y Kalache, A. (2020). Letalidad del COVID-19: ausencia de patrón epidemiológico. *Gac Sanit.* 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.04.001>
- Our World in Data. (2020). Estadística e investigación, casos de coronavirus (COVID-19). Gales: Global Change Data. Recuperado de <https://ourworldindata.org/covid-cases>
- Organización Mundial de la Salud. (2020). Novela Coronavirus (2019-nCoV) Situación Reporte-59. Boletín 2020 Ginebra. Recuperado de https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200319-sitrep-59-covid-19.pdf?sfvrsn=c3dcdef9_2.
- Pell B., Yang, K., Cecile, V., and Gerardo, C. (2018). "Using phenomenological models for forecasting the 2015 Ebola challenge." *Epidemics* 22:62-70. doi: 10.1016/j.epidem.2016.11.002
- Seth F., Mishra, S., Gandy, A., Unwin, H.T., Mellan, A.T., Coupland, H., Whittaker, C., Zhu, H., Berah, T., Eaton, W.J., Monod, M., Imperial College COVID-19 Response Team., Ghani, C.A, Donnelly, C.A, Riley, S.M., Vollmer, M.A., Ferguson, N.M., Okell, L.C. and Bhatt, S. (2020). Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2405-7>
- Wallace, A. (03 de abril de 2020). El coronavirus en América Latina: así avanza la pandemia de covid-19 en la región. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-52131238>.
- Worldometer. (2020). COVID-19. EE. UU: Worldometer: Recuperado de <https://www.worldometers.info/coronavirus/>.
- Wu, Z. and McGoogan, J.M. (2020). Characteristics of and Important Lessons from the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China. *JAMA*, 323 (13), 1239-1242. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.2648>