



APLICACIÓN DEL MÉTODO AUTORREGRESIVO INTEGRADO DE MEDIAS MÓVILES PARA EL ANÁLISIS DE SERIES DE CASOS DE COVID-19 EN PERÚ

APPLICATION OF THE INTEGRATED AUTOREGRESSIVE METHOD OF MOVING AVERAGES FOR THE ANALYSIS OF SERIES OF CASES OF COVID-19 IN PERU

Daniel Angel Córdova-Sotomayor^{1,ab}, Flor Benigna Santa Maria Carlos^{2,ac}

RESUMEN

Introducción: En los últimos meses, los investigadores han venido empleando métodos matemáticos para poder pronosticar el número de casos de COVID-19 en todo el mundo. **Objetivo:** Estimar un modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA) para el análisis de series de casos de COVID-19, en Perú. **Métodos:** El presente estudio se basó en un análisis de series temporales univariante; los datos utilizados se refieren a la cantidad de casos nuevos acumulados de COVID-19 del 06 de marzo al 11 de junio de 2020. Para el análisis del ajuste del modelo se utilizaron los coeficientes de autocorrelación (ACF), el contraste de raíces unitarias de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), el Criterio de Información Bayesiano Normalizado (BIC Normalizado), el error porcentual medio absoluto (MAPE) y el test de Box-Ljung. **Resultados:** El pronóstico de casos de COVID-19, entre el 12 de junio al 11 de julio de 2020 oscila entre 220 596 a 429 790. **Conclusión:** Los resultados obtenidos con el modelo ARIMA, comparados con los datos observados, muestran un ajuste adecuado de los valores; y aunque este modelo, de fácil aplicación e interpretación, no simula el comportamiento exacto en el tiempo puede considerarse una herramienta simple e inmediata para aproximar el número de casos.

Palabras clave: Pronóstico; Pandemias; Coronavirus (fuente: DeCS BIREME).

ABSTRACT

Introducción: In recent months, researchers have been using mathematical methods to predict the number of COVID-19 cases worldwide. **Objective:** To estimate an Integrated Autoregressive Moving Average model (ARIMA) for the analysis of series of COVID-19 cases, in Peru. **Methods:** The present study was based on a univariate time series analysis; The data used refer to the number of new accumulated cases of COVID-19 from March 6 to June 11, 2020. For the analysis of the fit of the model, the autocorrelation coefficients (ACF), the unit root test of Augmented Dickey-Fuller (ADF), the Normalized Bayesian Information Criterion (Normalized BIC), the absolute mean percentage error (MAPE) and the Box-Ljung test. **Results:** The prognosis for COVID-19 cases, between June 12 and July 11, 2020 ranges from 220 596 to 429 790. **Conclusion:** The results obtained with the ARIMA model, compared with the observed data, show an adequate adjustment of the values; And although this model, easy to apply and interpret, does not simulate the exact behavior over time, it can be considered a simple and immediate tool to approximate the number of cases.

Key words: Forecasting; Pandemics; Coronavirus (source: MeSH NLM).

¹ Facultad Integrada de Medicina, de Estomatología y de Enfermería, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima-Perú.

² Ministerio de Salud. Lambayeque, Perú.

^a Cirujano dentista.

^b Magister en Educación.

^c Magister en Gestión de los Servicios de la Salud.

Citar como: Daniel Angel Córdova-Sotomayor, Flor Benigna Santa Maria Carlos. Aplicación del método autorregresivo integrado de medias móviles para el análisis de series de casos de COVID-19 en Perú. Rev. Fac. Med. Hum. Enero 2021; 21(1):65-74. DOI 10.25176/RFMH.v21i1.3307

Journal home page: <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/RFMH>

Artículo publicado por la Revista de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Ricardo Palma. Es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons: Creative Commons Attribution 4.0 International, CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial, por favor póngase en contacto con revista.medicina@urp.pe



INTRODUCCIÓN

El nuevo coronavirus (coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo-SARS) fue reportado en el mes de diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan-China, con la aparición de varios casos de neumonía de etiología desconocida que causó problemas respiratorios agudos severos⁽¹⁻⁷⁾. Este se transmite por inhalación de gotitas respiratorias, contacto cercano con el individuo infectado, y contacto con superficies u objetos contaminados^(1,8).

El 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró al COVID-19 como una pandemia⁽⁹⁾. Los casos se incrementan a nivel mundial, incluido el Perú, donde el primer caso se anunció el 6 de marzo; siendo al 12 de julio, el número total de casos confirmados, de 326 326⁽¹⁰⁾.

Existe una gran preocupación de la capacidad de respuesta del sistema de salud peruano para afrontar efectivamente a las necesidades de las personas con COVID-19 ya que el número de casos se incrementa y a pesar de todas las medidas dadas por el gobierno, este no se detiene; más aún que el gobierno "abrió las puertas" a la población a una "nueva normalidad".

Los modelos matemáticos son usados para entender las transiciones epidemiológicas críticas (11-14), y en los últimos meses, los investigadores han venido empleando métodos matemáticos para poder pronosticar el número de casos de COVID-19 en todo el mundo. El Método Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA) es el que más se ha utilizado para realizar pronósticos, tal es el caso de los propuestos por Singh RK et al.⁽¹¹⁾, para Estados Unidos, España, Italia, Francia, Alemania, el Reino Unido, Turquía, Irán, China, Rusia, Brasil, Canadá, Bélgica, los Países Bajos y Suiza; por Ceylan Z⁽¹⁵⁾, para Italia, España y Francia; por Moftakhar L y Seif M⁽¹⁾, para Irán; por Benvenuto D et al.⁽¹⁶⁾, para Italia; por Yousaf M et al.⁽¹⁷⁾, para Pakistán; por Hiteshi Tandon⁽¹⁸⁾ y Rishabh Tyagi et al.⁽¹⁹⁾, para India y por Perone G⁽²⁰⁾, para Italia.

Las series temporales constituyen colecciones de datos en un período de tiempo en los cuales se observan las tendencias o patrones para pronosticar algunos valores futuros⁽²¹⁾. El modelo ARIMA cuenta con tres principales parámetros; el parámetro p: asociado a la parte autorregresiva (AR); el cual es el número de diferencias que hay que tomar a la serie para que sea estacionaria; el parámetro d: asociado a la parte integrada (I) y; el parámetro q: asociado a la parte de media móvil (MA); el cual es el valor actual

de una serie, que se define como una combinación lineal de errores pasados^(11,12,18).

Para estimar un modelo ARIMA se utiliza la metodología de Box-Jenkins^(11,22-23), la cual consta de 4 etapas: la identificación: que consiste en identificar el modelo que tentativamente se puede considerar; la estimación: que consiste en estimar los parámetros del modelo considerado tentativamente; la validación: que consiste en realizar contrastes de diagnóstico para comprobar si el modelo se ajusta a los datos y; la predicción: que consiste en obtener pronósticos en términos probabilísticos de los valores futuros y en la cual se evalúa la capacidad predictiva del modelo⁽²⁴⁾.

Una de las preocupaciones en el Perú y en cualquier otro país, es saber cuántas personas se infectarán con COVID-19 en el tiempo; y esta se podría responder con modelos predictivos⁽²⁵⁾; por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo, estimar un modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA) para el análisis de series de casos de COVID-19, en Perú, con el fin de buscar una aproximación entre los resultados obtenidos con el modelo y los datos observados.

MÉTODOS

Diseño y área de estudio

El presente estudio se basó en un análisis de series temporales univariante, descriptivo, transversal, retrospectivo, realizado en Perú, con la cantidad de casos nuevos diarios confirmados de COVID-19, entre el 06 de marzo y 11 de junio del 2020.

Población y muestra

Los datos utilizados se refieren a la cantidad total de casos nuevos diarios confirmados de COVID-19 entre el 06 de marzo y 11 de junio del 2020.

Variables e instrumentos

Los datos provienen de la Sala Situacional COVID 19-Peru, del Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud⁽¹⁰⁾; los cuales sirven para obtener la precisión del pronóstico de la propagación del COVID-19.

Procedimientos

Los datos sirvieron para obtener los pronósticos del número de casos de los siguientes 30 días, desde del 12 de junio hasta el 11 de julio de 2020, creando una trayectoria proyectada de estos casos,



para posteriormente compararlos con los casos observados en el periodo de tiempo indicado.

Análisis estadístico

El método de series temporales utilizado para el pronóstico de los casos de COVID-19 fue el Autorregresivo Integrado de Medias Móviles de orden (p, d, q) o ARIMA (p, d, q). La construcción del modelo se realizó de forma iterativa siguiendo las 4 etapas de la metodología de Box-Jenkins^(11, 22-24)

- 1-Identificación: en la cual se determinó la transformación estacionaria de la serie para obtener el modelo apropiado, mediante el análisis de los coeficientes de autocorrelación (ACF), y el contraste de raíces unitarias de Dickey-Fuller Aumentado (ADF);
- 2-Estimación: en la cual, mediante la elección de las ordenes p, d, q apropiadas, se ajustó el modelo a la serie temporal, obteniéndose el modelo ARIMA(0,2,9);
- 3-Validación: en la cual se analizó si el modelo era apropiado, y se valoró con el Criterio de Información Bayesiano Normalizado (BIC Normalizado), el error porcentual medio absoluto (MAPE) y la prueba de ruido blanco o test de Box-Ljung;
- 4-Predicción: en la cual se generó los pronósticos del número de casos de los siguientes 30 días; para luego compararlos con los casos observados.

El programa estadístico que se utilizó para el análisis de la serie temporal fue el SPSS versión 22 y para determinar el contraste de raíz unitaria de Dickey-Fuller aumentado fue el programa STATA versión 15.

Aspectos éticos

Los datos son de acceso público, abierto y anónimo, por lo que no se requirió aprobación de un comité de ética institucional.

RESULTADOS

En la tabla 1, se observa el recuento diario de casos con COVID 19, entre el 6 de marzo de 2020 y 11 de junio de 2020.

En la Figura 1, se muestra que los coeficientes de autocorrelación (ACF) decrecen lentamente en forma lineal, por lo que corresponden a una serie temporal no estacionaria, siendo esta corroborada por el contraste de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentado ($p > 0,01$).

En la Figura 2 se muestra la transformación estacionaria de segundo orden, en la cual se estabilizó la serie temporal mediante la eliminación de tendencias y así obtener el modelo apropiado con las ordenes p, d, q, el cual fue ARIMA (0,2,9).

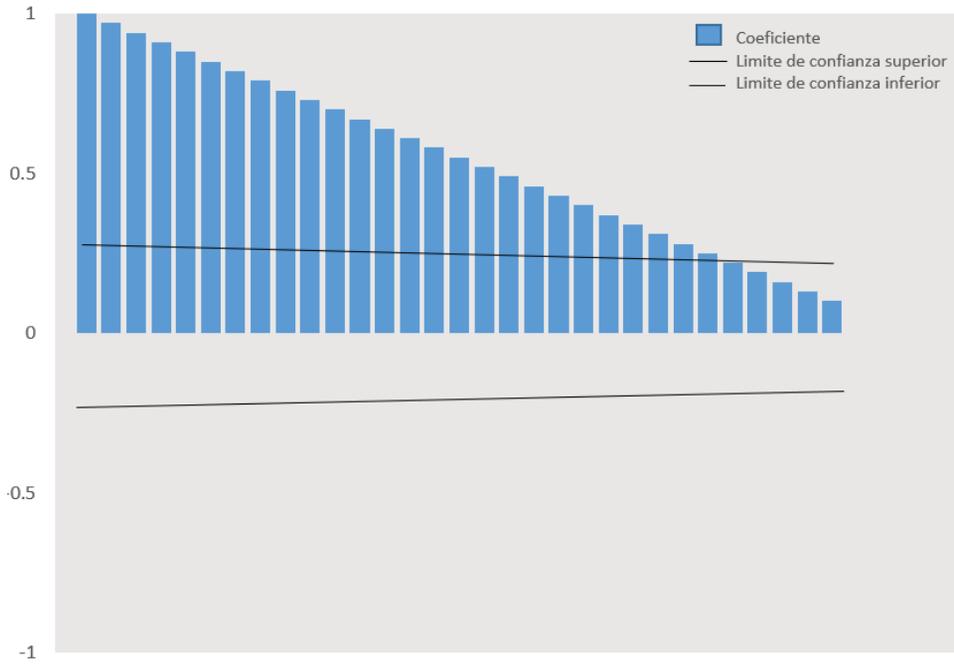
En la Tabla 2 se muestra los parámetros (p, d, q) obtenidos en el proceso del modelado; el Criterio de Información Bayesiano Normalizado (BIC) que indica que 13,475 fue el valor más bajo obtenido indicando el mejor modelo ARIMA; el error porcentual medio absoluto (MAPE) que indica que el pronóstico del modelo está errado en un 7,775%; y la prueba de Ljung-Box que indica que el modelo es capaz de reproducir el patrón de comportamiento sistemático de la serie temporal.

En la Figura 3 y Tabla 3 se muestra el pronóstico del número de casos con intervalos de confianza del 95% y los casos observados; desde el 12 de junio al 11 de julio de 2020, con los datos del 06 de marzo de 2020 al 11 de junio de 2020. Los valores de los casos observados, son inferiores a los valores de los casos pronosticados, encontrándose los observados dentro de los valores mínimo y máximo de los estimados.

Tabla 1. Número de casos con COVID 19 por día, del 6 de marzo al 11 de junio de 2020, Perú.

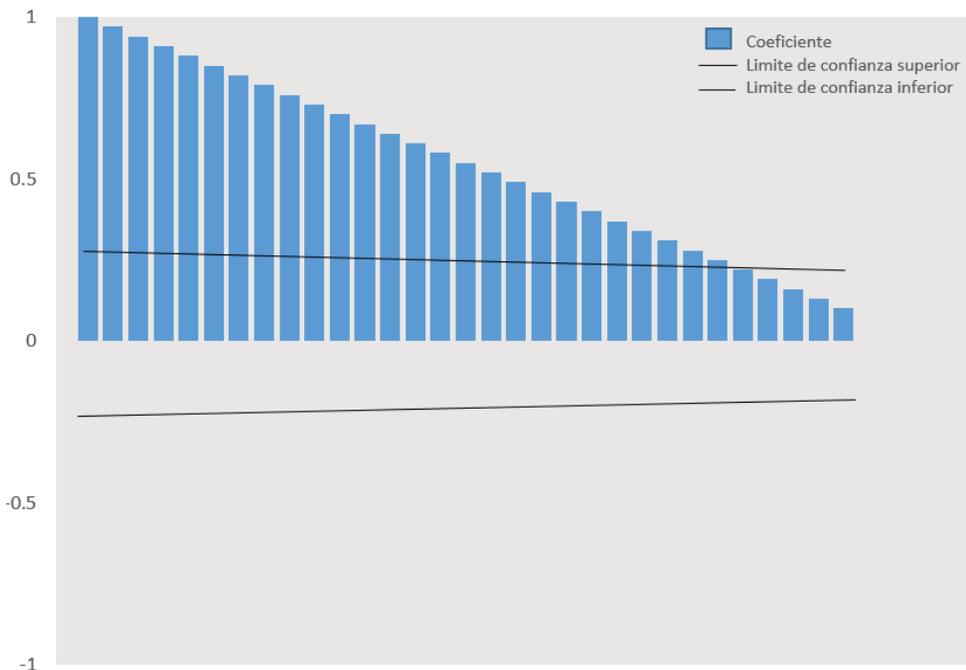
Día	Casos	Día	Casos	Día	Casos	Día	Casos
6/03/2020	1	31/03/2020	1065	25/04/2020	25331	20/05/2020	104020
7/03/2020	6	1/04/2020	1323	26/04/2020	27517	21/05/2020	108769
8/03/2020	6	2/04/2020	1414	27/04/2020	28699	22/05/2020	111698
9/03/2020	9	3/04/2020	1595	28/04/2020	31190	23/05/2020	115754
10/03/2020	11	4/04/2020	1746	29/04/2020	33931	24/05/2020	119959
11/03/2020	17	5/04/2020	2281	30/04/2020	36976	25/05/2020	123979
12/03/2020	22	6/04/2020	2561	1/05/2020	40459	26/05/2020	129751
13/03/2020	38	7/04/2020	2954	2/05/2020	42534	27/05/2020	135905
14/03/2020	43	8/04/2020	4342	3/05/2020	45928	28/05/2020	141779
15/03/2020	71	9/04/2020	5256	4/05/2020	47372	29/05/2020	148285
16/03/2020	86	10/04/2020	5897	5/05/2020	51189	30/05/2020	155671
17/03/2020	117	11/04/2020	6848	6/05/2020	54817	31/05/2020	164476
18/03/2020	145	12/04/2020	7519	7/05/2020	58526	1/06/2020	170039
19/03/2020	234	13/04/2020	9784	8/05/2020	61847	2/06/2020	174884
20/03/2020	263	14/04/2020	10303	9/05/2020	65015	3/06/2020	178914
21/03/2020	317	15/04/2020	11475	10/05/2020	67307	4/06/2020	183198
22/03/2020	360	16/04/2020	12491	11/05/2020	68822	5/06/2020	187400
23/03/2020	395	17/04/2020	13489	12/05/2020	72059	6/06/2020	191758
24/03/2020	416	18/04/2020	14420	13/05/2020	76306	7/06/2020	196515
25/03/2020	480	19/04/2020	15628	14/05/2020	80604	8/06/2020	199696
26/03/2020	580	20/04/2020	16325	15/05/2020	84495	9/06/2020	203736
27/03/2020	635	21/04/2020	17837	16/05/2020	88541	10/06/2020	208823
28/03/2020	671	22/04/2020	19250	17/05/2020	92273	11/06/2020	214788
29/03/2020	852	23/04/2020	20914	18/05/2020	94933	-	-
30/03/2020	950	24/04/2020	21648	19/05/2020	99483	-	-

Fuente: Sala Situacional COVID 19-Peru, del Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud.



Fuente: Sala Situacional COVID 19-Peru, del Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud.

Gráfico 1. Correlograma de Autocorrelación (ACF) estimada para la serie de tiempo.



Fuente: Sala Situacional COVID 19-Peru, del Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud.

Gráfico 2. Correlograma de Autocorrelación (ACF) estimada para la serie de tiempo, con una transformación de segundo orden.

Tabla 2. Parámetros óptimos para el modelo.

	Parámetros	BIC	Error medio	Prueba
	ARIMA	Normalizado	absoluto	de Ljung-Box
Perú	(0,2,9)	13,475	7,775	0,040*

 Nota: * $p < 0,01$

BIC Normalizado: Criterio de Información Bayesiano Normalizado

ARIMA: Método Autorregresivo Integrado de Medias Móviles

ARTÍCULO ORIGINAL

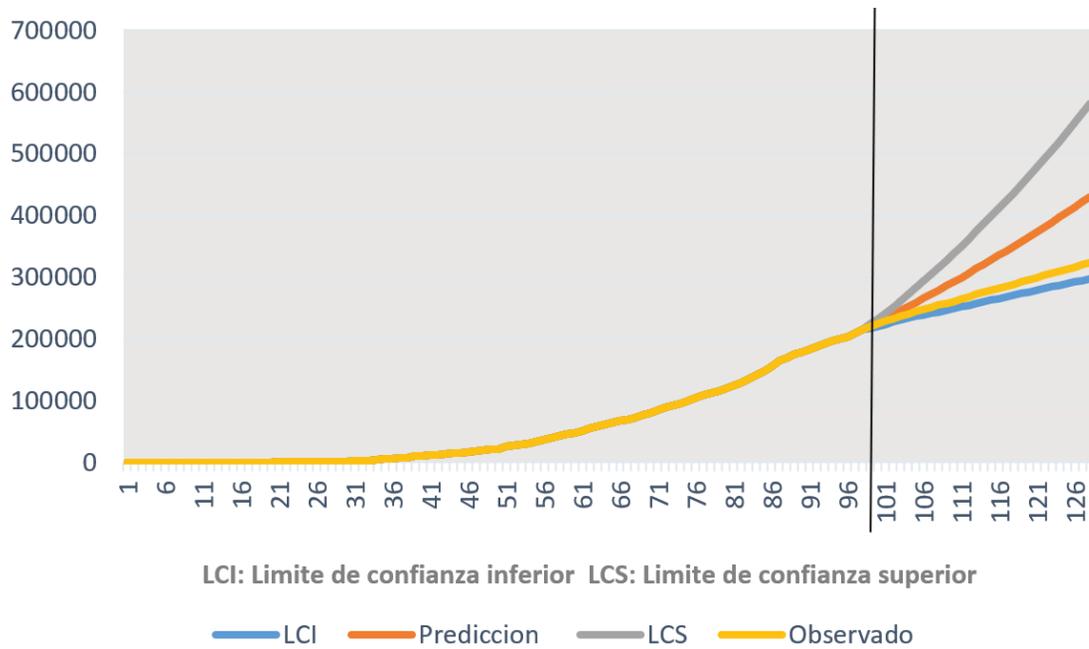

Fuente: Sala Situacional COVID 19-Peru, del Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud.

Gráfico 3. Pronóstico del número de casos de COVID 19, con intervalos de confianza del 95% y casos observados de COVID 19; desde el 12 de junio al 11 de julio de 2020.



Tabla 3. Casos observados y pronóstico del número de casos de COVID 19, con intervalos de confianza del 95% desde el 12 de junio al 11 de julio de 2020.

Día	Observado	ARIMA	Pronóstico	
			Intervalo de Confianza: 95%	
			Limite inferior	Limite superior
12/06/2020	220749	220596	216821	224394
13/06/2020	225132	226675	220300	233118
14/06/2020	229736	232952	223819	242221
15/06/2020	232992	239355	227227	251717
16/06/2020	237156	245776	230401	261518
17/06/2020	240908	252499	233612	271929
18/06/2020	244388	259233	236578	282653
19/06/2020	247925	265890	239218	293600
20/06/2020	251338	272444	241516	304743
21/06/2020	254936	279083	243973	315926
22/06/2020	257447	285805	246533	327204
23/06/2020	260810	292612	249163	338615
24/06/2020	264689	299503	251840	350183
25/06/2020	268602	306478	254548	361925
26/06/2020	272364	313539	257274	373857
27/06/2020	275989	320685	260010	385988
28/06/2020	279419	327916	262748	398327
29/06/2020	282365	335232	265483	410882
30/06/2020	285213	342635	268210	423660
1/07/2020	288477	350123	270926	436665
2/07/2020	292004	357698	273628	449903
3/07/2020	295599	365359	276313	463378
4/07/2020	299080	373107	278978	477094
5/07/2020	302718	380942	281622	491054
6/07/2020	305703	388864	284244	505263
7/07/2020	309278	396873	286842	519724
8/07/2020	312911	404970	289414	534438
9/07/2020	316448	413155	291960	549411
10/07/2020	319646	421428	294478	564643
11/07/2020	322710	429790	296969	580138

Fuente: Los pronósticos con sus intervalos de confianza son obtenidos con el Método Autorregresivo Integrado de Medias Móviles-ARIMA (0,2,9)

DISCUSIÓN

Esta investigación se realizó para predecir el número de casos con COVID-19 desde el 12 de junio hasta el 11 de julio de 2020 en el Perú utilizando el método Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA), para posteriormente compararlos con los casos observados con el fin de buscar una aproximación entre ambos resultados.

Hay que tener en cuenta que los pronósticos obtenidos a partir de un modelo de serie temporal univariante, son extrapolaciones de los datos observados hasta el tiempo en que termina la serie, siendo en muchas ocasiones muy efectivas proporcionando un punto de referencia para predecir futuros valores de los casos confirmados. La mayoría de las series son estocásticas, en que el futuro solo se puede determinar parcialmente por sus valores pasados, por lo que los pronósticos exactos son imposibles⁽²⁴⁾.

Diversos autores^(11,11,15-20), a nivel mundial, han desarrollado modelos para el pronóstico de casos de COVID-19 basados en el método ARIMA, en los cuales han utilizado determinados estadísticos para evaluar la bondad de ajuste del modelo mostrando buenos resultados en cuanto a pronósticos a corto plazo.

El modelado realizado en este estudio ha seguido todas las etapas de la metodología de Box-Jenkins^(11,22-23), con el fin de obtener el mejor modelo predictivo; y si bien algunos investigadores han aplicado estas etapas, solo han mencionado algunos parámetros estadísticos utilizados en su construcción.

Moftakhar L y Seif M⁽¹¹⁾, mencionan el uso del análisis de los coeficientes de autocorrelación (ACF), autocorrelación parcial (PACF) y el test de Box-Ljung; Singh RK et al.⁽¹¹⁾, mencionan el uso del criterio de información de Akaike (AIC); Ceylan Z⁽¹⁵⁾, menciona el uso del error cuadrático medio (RMSE), error absoluto medio (MAE) y error porcentual medio absoluto (MAPE); Benvenuto D⁽¹⁶⁾, menciona el uso del contraste de raíces unitarias de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) y el análisis de los coeficientes de autocorrelación (ACF) y autocorrelación parcial (PACF); Yousof M et al.⁽¹⁷⁾, mencionan el uso del análisis de los coeficientes de autocorrelación (ACF) y autocorrelación parcial (ACF y PACF) y el criterio de información de Akaike (AIC); Hiteshi Tandoⁿ⁽¹⁸⁾, menciona el uso del análisis de los coeficientes de autocorrelación (ACF) y autocorrelación parcial (PACF) además de la varianza, prueba de normalidad,

el error porcentual medio absoluto (MAPE), la Desviación Absoluta de la Media (DAM) y la desviación cuadrática media (MSD); Rishabh Tyagi et al.⁽¹⁹⁾, mencionan el uso del análisis de los coeficientes de autocorrelación (ACF) y autocorrelación parcial (PACF), el contraste de raíces unitarias de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), y proporciona los intervalos de confianza (IC) del 95% para las estimaciones puntuales; por último Perone G⁽²⁰⁾, menciona el uso del criterio de información de Akaike (AIC), el análisis de los coeficientes de autocorrelación (ACF) y autocorrelación parcial (PACF), el contraste de raíces unitarias de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), la prueba modificada para raíz unitaria de Elliott-Rothenberg-Stock (DF-GLS), el error absoluto medio (MAE), la prueba de normalidad, la homocedasticidad, la prueba del multiplicador de Lagrange de Engle, y el test de Box-Ljung, muchos de los cuales coinciden con los utilizados en esta investigación.

Si bien es cierto que dentro de los modelos matemáticos de pronóstico existe una variedad de estos; el modelo ARIMA tiene una mayor precisión de ajuste que los demás⁽²⁶⁾, ya que captura las tendencias de pronóstico estacionales y no estacionales; este estudio se centra en un modelo no estacional, para describir el patrón de crecimiento a lo largo del tiempo. Por otro lado, si un modelo utiliza enfoques estadísticos para su selección y evaluación; hay que reconocer que, si el número de casos no es cierto, al ser la única fuente de información oficial disponible en el país, puede conducir a un pronóstico inexacto. Aun con esta limitación, los resultados sugieren que el método puede ayudar a estimar la dinámica del brote y proporcionar pautas para detener o controlar de la mejor manera el aumento de las infecciones en el país, pero también es evidente, que todo intento de control, depende de las políticas públicas que se dicten por parte de las autoridades y sobre todo, la toma de conciencia de cada ciudadano sobre la propagación del COVID-19 y de los efectos letales que un comportamiento o práctica irresponsable puede traer como consecuencia para sí mismo, su familia y la comunidad.

Asimismo, este modelo permite analizar la posible evolución de la curva de contagios y poder comparar los resultados con los de otros países para evaluar las acciones que se están tomando.

Cabe aclarar que esta estimación está fuertemente relacionada con la tendencia de los datos de la serie original, y el resultado de los pronósticos, pueden ayudar a entender cualquier cambio repentino en el



pronóstico de casos COVID-19.

Dentro de la limitación del estudio se puede mencionar, que la precisión del pronóstico depende de la precisión de los datos aplicados, esto quiere decir que no hay alguna otra evidencia adicional que pueda estimar el número exacto de pacientes con COVID-19, ya que solo se consideró el número de casos oficiales reportados por el Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos con el modelo ARIMA, comparados con los datos observados, muestran un ajuste adecuado de los valores; y aunque este modelo, de fácil aplicación e interpretación, no simula el comportamiento exacto en el tiempo puede considerarse una herramienta simple e inmediata para aproximar el número de casos.

Contribuciones de autoría: Ambos autores han participado en la concepción y diseño del artículo, recolección de datos, redacción del artículo, revisión crítica del artículo; aprobación de la versión final. Asimismo, DACS realizó el análisis e interpretación de datos.

Financiamiento: Autofinanciado.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Recibido: 01 de octubre 2020

Aprobado: 12 de diciembre 2020

Correspondencia: Daniel Angel Córdova Sotomayor

Dirección: Av. Sosa Peláez N°1111. Block 8. Dpto. 104. Cercado de Lima

Teléfono: 954682470

Correo: cordova.sotomayor.d@upch.pe

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moftakhar L, Seif M. The Exponentially Increasing Rate of Patients Infected with COVID-19 in Iran. *Arch Iran Med* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]; 23(4):235-238. DOI: 10.34172/aim.2020.03
2. Tang K, Huang Y, Chen M. Novel Coronavirus 2019 (Covid-19) epidemic scale estimation: topological networkbased infection dynamic model. *medRxiv* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]. DOI: 10.34172/aim.2020.03
3. McCall B. COVID-19 and artificial intelligence: protecting health-care workers and curbing the spread. *Lancet* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]. DOI: 10.1016/S2589-7500(20)30054-6
4. Song PX, Wang L, Zhou Y, He J, Zhu B, Wang F, et al. An epidemiological forecast model and software assessing interventions on COVID-19 epidemic in China. *medRxiv* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.02.29.20029421>
5. Nishiura H, Linton NM, Akhmetzhanov AR. Serial Interval of novel coronavirus (COVID-19) infections. *Int J Infect Dis* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.02.060>
6. Hu Z, Ge Q, Jin L, Xiong M. Artificial intelligence forecasting of covid-19 in china. *arXiv preprint arXiv:200207112*. 2020. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2002.07112>
7. Anastassopoulou C, Russo L, Tsakris A, Siettos C. Data-Based Analysis, Modelling and Forecasting of the COVID-19 outbreak. *medRxiv* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.02.11.20022186>
8. Al-qaness MA, Ewees AA, Fan H, Abd El Aziz M. Optimization Method for Forecasting Confirmed Cases of COVID-19 in China. *J Clin Med* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020];9(3):674. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9030674>
9. World Health Organization [Internet]. Novel coronavirus (2019-nCoV); 2020 [citado 14 junio 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>
10. Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Ministerio de Salud [Internet]. Sala situacional COVID-19 Perú; 2020 [citado 12 julio de 2020]. Disponible en: https://covid19.minsa.gob.pe/sala_situacional.asp
11. Singh RK, Rani M, Bhagavathula AS, Sah R, Rodriguez-Morales AJ, Kalita H, Nanda C, et al. Prediction of the COVID-19 Pandemic for the Top 15 Affected Countries: Advanced Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Model. *JMIR Public Health Surveill* [Internet]. 2020 [citado 14 junio de 2020]; 6(2). DOI: <https://doi.org/10.2196/19115>
12. Kucharski AJ, Russell TW, Diamond C, Liu Y, Edmunds J, Funk S et al. Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis* [Internet]. 2020 [citado 14 junio de 2020]; (5):553-558. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30144-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30144-4)
13. Liu Y, Gayle A, Wilder-Smith A, Rocklöv J. The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus. *J Travel Med* [Internet]. 2020 [citado 14 junio de 2020]; 27(2). DOI: <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa021>
14. Pirouz B, Shaffiee Haghshenas S, Shaffiee Haghshenas S, Piro P. Investigating a serious challenge in the sustainable development process: analysis of confirmed cases of COVID-19 (new type of coronavirus) through a binary classification using artificial intelligence and regression analysis. *Sustainability* [Internet]. 2020 [citado 14 junio de 2020]; 12(6):2427. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12062427>
15. Ceylan Z. Estimation of COVID-19 prevalence in Italy, Spain, and France. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020 [citado 14 junio de 2020]; 729:138817. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.scitotenv.2020.138817>
16. Benvenuto D, Giovanetti M, Vassallo L, Angeletti S, Ciccozzi M. Application of the ARIMA model on the COVID-2019 epidemic dataset [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]; 29: 105340. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105340>
17. Yousaf M, Zahir S, Riaz M, Hussain SM, Shah K. Statistical analysis of forecasting COVID-19 for upcoming month in Pakistan. *Chaos Solitons Fractals* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.109926>
18. Tandon H, Ranjan P, Chakraborty T, Suhag V. Coronavirus (COVID-19): ARIMA based time-series analysis to forecast near future. *arXiv preprint arXiv:2004.07859*. 2020. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2004.07859>
19. Tyagi R, Bramhankar R, Pandey M, Kishore M. COVID 19: Real-time Forecasts of Confirmed Cases, Active Cases, and Health Infrastructure Requirements for India and its States using the ARIMA model. *medRxiv-Public and Global Health* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.05.17.20104588>
20. Perone G. An Arima Model to Forecast the Spread and the final size of COVID-2019 Epidemic in Italy. *arXiv preprint arXiv:2004.00382*. 2020. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2004.00382>
21. RPubS [Internet]. Predicciones COVID-19 con modelos ARIMA; 2020 [citado 14 junio 2020]. Disponible en: <https://rpubs.com/schwarzervogel10/6057671>
22. Chowell G. Fitting dynamic models to epidemic outbreaks with quantified uncertainty: a primer for parameter uncertainty, identifiability, and forecasts. *Infect Dis Model* [Internet]. 2017 [citado 14 junio 2020]; 2(3):379-398. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idm.2017.08.001>
23. Beets P, Kimberley M, Oliver G, Pearce S. The application of stem analysis methods to estimate carbon sequestration in arboreal shrubs from a single measurement of field plots. *Forests* [Internet]. 2014 [citado 14 junio 2020]; 5(5):919-935. DOI: <https://doi.org/10.3390/f5050919>
24. González MP. Análisis de series temporales: Modelos ARIMA. *Euskadi: SARRIKO-ON*; 2009. <https://addi.ehu.es/handle/10810/12492?show=full>
25. Zhang KK, Xie L, Lawless L, Zhou H, Gao G, Xue C. Characterizing the transmission and identifying the control strategy for COVID-19 through epidemiological modeling. *medRxiv* [Internet]. 2020 [citado 14 junio 2020]. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.02.24.20026773>
26. Chen P, Yuan H, Shu X. Forecasting crime using the ARIMA model. *Proceedings - 5th international conference on fuzzy systems and knowledge Discovery, FSKD* [Internet]. 2008 [citado 14 junio 2020]; 5:627-30. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Forecasting-Crime-Using-the-ARIMA-Model-Chen-Yuan/ac08c7539e0c06df17e7e5c8a09024d773b1211b>