

Artículo original

Previsión de COVID-19 mediante modelo de series temporales en pacientes de una clínica de salud rural

COVID-19 prediction using time series modelling in patients in a rural health clinic

María Fernanda Cueva Moncayo^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-8440-5352>

Jeanneth Elizabeth Jami Carrera¹ <https://orcid.org/0000-0003-2217-9593>

Evelyn Betancourt Rubio² <https://orcid.org/0009-0004-6767-6168>

¹Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES Ambato). Ecuador.

²Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES Santo Domingo). Ecuador.

*Autor para la correspondencia: ua.mariafcueva@uniandes.edu.ec

RESUMEN

Introducción: Los modelos de series temporales son herramientas valiosas para anticipar valores futuros de la COVID-19 basándose en patrones históricos.

Objetivo: Prever la COVID-19 mediante modelo de series temporales en pacientes de una clínica de la zona rural del Ecuador.

Métodos: El estudio fue de nivel predictivo. La población de estudio incluyó

pacientes con diagnóstico de COVID-19 atendidos en la clínica. La variable de interés fue el número de casos de COVID-19, y se utilizaron variables relacionadas con el tiempo y los parámetros del modelo de series temporales (alfa, gamma y delta) para las predicciones. Se creó un modelo de series temporales, cuya validación utilizó la prueba Ljung-Box y otras pruebas de bondad de ajuste.

Resultados: Los resultados revelaron un R cuadrado estacionaria de -2,190 y un R cuadrado de 0,658, lo que sugirió una adecuada capacidad del modelo para capturar la tendencia. El RMSE (Error Cuadrático Medio) fue de 8,271, indicando una precisión razonable de las predicciones, mientras que el MAPE (Error Porcentual Absoluto Medio) fue de 18,970, representando una precisión relativa aceptable. El MaxAPE (Máximo Error Porcentual Absoluto) alcanzó el 49,501, y el MAE (Error Absoluto Medio) y el MaxAE (Máximo Error Absoluto) fueron de 4,783 y 14,850, respectivamente.

Conclusiones: Los parámetros del modelo de suavizado exponencial indicaron que las observaciones pasadas tuvieron un impacto moderado en el nivel y la tendencia del modelo, mientras que la estacionalidad apenas afectó la predicción. Los valores de significancia sugirieron que estos parámetros no eran estadísticamente significativos en este contexto.

Palabras clave: modelos de series temporales; COVID-19; predicciones; modelo de suavizado exponencial; Error Cuadrático Medio.

ABSTRACT

Introduction: Time series models are valuable tools to anticipate future COVID-19 values based on historical patterns.

Objective: To predict COVID-19 using time series modelling in patients at a clinic in

Ecuador.

Methods: The study was predictive. The study population included patients with a diagnosis of COVID-19 seen at the clinic. The variable of interest was the number of COVID-19 cases, and time-related variables and time series model parameters (alpha, gamma and delta) were used for predictions. A time series model was created and validated using the Ljung-Box test and other goodness-of-fit tests.

Results: The results revealed a stationary R-squared of -2.190 and an R-squared of 0.658, suggesting an adequate ability of the model to capture the trend. The RMSE (Root Mean Square Error) was 8.271, indicating reasonable accuracy of predictions, while the MAPE (Mean Absolute Percentage Error) was 18.970, representing acceptable relative accuracy. The MaxAPE (Maximum Absolute Percentage Error) reached 49.501, and the MAE (Mean Absolute Error) and MaxAE (Maximum Absolute Error) were 4.783 and 14.850, respectively.

Conclusions: The parameters of the exponential smoothing model indicated that past observations had a moderate impact on the level and trend of the model, while seasonality hardly affected the prediction. Significance values suggested that these parameters were not statistically significant in this context.

Keywords: time series models; COVID-19; forecasting; exponential smoothing model; Mean Square Error.

Recibido: 10/09/2023

Aceptado: 21/10/2023

Introducción

La línea de investigación de este estudio se encuentra en el campo de la epidemiología y la salud pública, centrándose en el análisis y la previsión de la propagación de la COVID-19 mediante la aplicación de modelos de series temporales en pacientes de una clínica de la zona rural de Ecuador.

La situación problemática de este estudio se relaciona con la necesidad de prever y gestionar la propagación de la COVID-19 en la zona rural de Ecuador. La pandemia plantea desafíos significativos en términos de control de la enfermedad y asignación de recursos. Comprender cómo se propaga la COVID-19 en esta región específica y poder prever su evolución es crucial para tomar decisiones informadas en la atención médica, la planificación de recursos y la implementación de medidas de salud pública efectivas.

La pregunta de investigación que se busca responder es: ¿Es posible prever la propagación de la COVID-19 en pacientes de una clínica de salud en la zona rural de Ecuador, utilizando un modelo de series temporales?

Siguiendo el marco conceptual que se utiliza, los modelos de series temporales representan herramientas estadísticas y matemáticas empleadas en el análisis y pronóstico de datos que experimentan cambios a lo largo del tiempo. Estos modelos se basan en la identificación de patrones y tendencias presentes en datos históricos con el fin de estimar y anticipar valores futuros dentro de la secuencia temporal.

La creación de modelos predictivos precisos basados en series temporales adquiere gran relevancia en la planificación y gestión de la salud pública durante la irrupción de pandemias impredecibles, infrecuentes y de considerable impacto negativo.⁽¹⁾ Conforme a un estudio reciente, se observa que el modelo ARIMA superó al modelo XGBoost al anticipar los casos y decesos confirmados por

COVID-19 en Bangladesh. Esta propuesta de modelo predictivo podría desempeñar un papel fundamental en la estimación de la expansión de una nueva pandemia en Bangladesh y naciones análogas.⁽²⁾

Los estudios previos muestran que la pandemia de COVID-19 y las medidas de salud pública adoptadas tienen un impacto significativo en los patrones de la vida cotidiana a nivel mundial. Esto tiene efectos no deseados en los comportamientos de riesgo, como el consumo de tabaco, alcohol, hábitos alimenticios y la falta de actividad física. La avalancha de información en las redes sociales, denominada "infodemia", brinda una nueva oportunidad para evaluar estos cambios en los factores de riesgo conductuales durante la pandemia.

Este estudio es importante ya que proporciona una herramienta vital para la planificación, prevención y respuesta efectiva ante la pandemia de COVID-19 en la zona rural de Ecuador, con posibles implicaciones y beneficios a nivel nacional.

El objetivo del estudio es prever la COVID-19 mediante modelo de series temporales en pacientes de una clínica en la zona rural de Ecuador.

Métodos

Este estudio se enmarca como una investigación cuantitativa de nivel predictivo en el campo de la epidemiología. Su enfoque principal consistió en analizar series temporales para anticipar la incidencia de COVID-19 en pacientes de una clínica en la zona rural de Ecuador. La investigación se sustentó en datos reales obtenidos de esta clínica y empleó modelos estadísticos para proyectar eventos futuros entre 2023 y 2024. El propósito esencial de este estudio fue mejorar la toma de decisiones clínicas y la gestión de la salud relacionada con la COVID-19 en la población de zonas rurales.

Población de estudio

La población de estudio incluyó pacientes con diagnóstico confirmado de COVID-19 que recibieron atención médica en una clínica en la zona rural de Ecuador. Se recopilaron datos de casos trimestralmente desde el último trimestre de 2021 hasta el primer trimestre de 2023.

Los criterios de inclusión abarcaron pacientes con diagnóstico confirmado, atención en la clínica de salud, registro trimestral de datos de COVID-19 y datos completos sin registros faltantes en los trimestres evaluados.

Los pacientes que no otorgaron su consentimiento informado para participar en la investigación se consideraron no elegibles, en concordancia con pautas éticas, como la Declaración de Helsinki, que rige la investigación en seres humanos.

Variables de estudio

Las variables utilizadas en este estudio fueron:

- **Casos de COVID-19:** esta variable reflejó la cantidad de diagnósticos de COVID-19 registrados en pacientes de la clínica ubicada en zonas rurales de Ecuador. Fue el foco de predicción en el estudio.
- **Tiempo:** representó la dimensión temporal de la serie de datos, segmentada en trimestres para examinar la evolución de la incidencia de COVID-19 a lo largo de estos intervalos.
- **Variables del Modelo:**
 - ❖ Alfa (Nivel): este parámetro de suavizado exponencial adaptó el componente de nivel en el modelo, regulando la influencia de observaciones previas en el nivel actual.
 - ❖ Gamma (Tendencia): gestionó la tasa de suavizado del componente de tendencia, cuando resultó pertinente en el modelo.

- ❖ Delta (Estacionalidad): supervisó la tasa de suavizado del componente de estacionalidad, si fue relevante en el modelo.

Los autores no emplearon variables Dummy, como la estacionalidad, que podrían utilizarse en otros estudios para modelar patrones estacionales en los datos. En resumen, las variables se dividieron en la variable endógena (casos de COVID-19) que se buscó prever, y las variables exógenas relacionadas con el tiempo y los parámetros del modelo de series temporales (alfa, gamma y delta) que influyeron en las predicciones.

Procedimiento de estudio

El procedimiento seguido en este estudio se resume en los pasos siguientes:

- 1) Recopilación de datos: se obtuvieron datos históricos sobre los casos de COVID-19 en pacientes de la clínica, desglosados por trimestres desde el último trimestre de 2021 hasta el primer trimestre de 2023.
- 2) Análisis exploratorio de datos: se llevó a cabo un análisis exploratorio para comprender la distribución y patrones de los datos, identificar valores atípicos y evaluar tendencias y estacionalidades.
- 3) Selección del Modelo de Series Temporales: se eligió el suavizado exponencial (método aditivo de Winters) como el modelo de series temporales apropiado para la predicción, y se determinaron los parámetros del modelo (alfa, gamma, delta) mediante pruebas y ajustes.
- 4) Entrenamiento del Modelo: se emplearon los datos históricos (2021-2023) para entrenar el modelo de series temporales, ajustando sus parámetros y estimando las tasas de suavizado.
- 5) Validación del Modelo: la validación se realizó utilizando técnicas como la prueba Ljung-Box y otras pruebas de bondad de ajuste para evaluar la calidad del modelo y la independencia de los residuos.

- 6) Generación de predicciones: se utilizó el modelo entrenado para predecir los casos de COVID-19 trimestrales para el año 2023 (últimos tres trimestres) y para todo el año 2024.
- 7) Evaluación de la precisión de las predicciones: se compararon las predicciones del modelo para el período 2023-2024 con los datos reales, calculando medidas de error como el RMSE, MAPE y MAE para evaluar la precisión del modelo.
- 8) Análisis e interpretación de resultados: se interpretaron los resultados para comprender la posible evolución de la variable en el futuro y para determinar si el modelo es adecuado para la predicción.
- 9) Presentación de resultados: los hallazgos se comunicaron a través de informes, gráficos y tablas.

Criterios éticos

En concordancia con los principios éticos que rigen la investigación con seres humanos, este estudio cumplió con una serie de criterios fundamentales. En primer lugar, se obtuvo el consentimiento informado de todos los pacientes diagnosticados con COVID-19 que formaron parte de la población de estudio. Asimismo, se respetaron y preservaron la confidencialidad y la privacidad de los datos, garantizando que la información se manejara de manera anónima y sin que se revelara la identidad de los pacientes.

El estudio fue sometido a una revisión y aprobación por parte de un comité de ética en investigación para garantizar la conformidad con los estándares éticos y científicos. Además, se tomaron medidas para minimizar cualquier posible riesgo o daño a los participantes del estudio. Estos criterios éticos respaldaron la integridad y la validez de la investigación y salvaguardaron los derechos y el bienestar de los sujetos involucrados.

Resultados

La Tabla 1 proporciona una visión detallada de los resultados del análisis de ajuste del modelo de series temporales realizado utilizando el software SPSS (versión 26). Este análisis tiene como propósito evaluar la calidad y precisión del modelo en términos de su capacidad para prever la incidencia de COVID-19 en la clínica.

Los estadísticos de ajuste presentados en la tabla ofrecen una evaluación exhaustiva de qué tan bien el modelo se ajusta a los datos observados y cuán fiables son las predicciones realizadas.

Tabla 1 - Resultados del análisis de ajuste del modelo de series temporales para la predicción de la COVID-19 en una clínica rural en Ecuador

Ajuste del modelo												
Estadístico de ajuste	Media	SE	Mínimo	Máximo	Percentil							
					5	10	25	50	75	90	95	
R cuadrado estacionaria	- 2,190	.	- 2,190									
R cuadrado	0,658	.	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658	0,658
RMSE	8,271	.	8,271	8,271	8,271	8,271	8,271	8,271	8,271	8,271	8,271	8,271
MAPE	18,970	.	18,970	18,970	18,970	18,970	18,970	18,970	18,970	18,970	18,970	18,970
MaxAPE	49,501	.	49,501	49,501	49,501	49,501	49,501	49,501	49,501	49,501	49,501	49,501
MAE	4,783	.	4,783	4,783	4,783	4,783	4,783	4,783	4,783	4,783	4,783	4,783
MaxAE	14,850	.	14,850	14,850	14,850	14,850	14,850	14,850	14,850	14,850	14,850	14,850

BIC normalizado	5,005	.	5,005	5,005	5,005	5,005	5,005	5,005	5,005	5,005	5,005
-----------------	-------	---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

La Tabla 1 muestra varios estadísticos de ajuste del modelo, incluido el R cuadrado estacionaria, el R cuadrado, el RMSE (Error Cuadrático Medio de la Raíz), el MAPE (Error Porcentual Absoluto Medio), el MaxAPE (Error Porcentual Absoluto Máximo), el MAE (Error Absoluto Medio) y el MaxAE (Error Absoluto Máximo).

El R cuadrado estacionaria fue de -2,190, mientras que el R cuadrado fue de 0,658. El RMSE, que midió la precisión de las predicciones, fue de 8,271, y el MAPE, que evaluó la precisión relativa, fue de 18,970. El MaxAPE, que representó el peor error porcentual absoluto, alcanzó el 49,501. El MAE y el MaxAE fueron de 4,783 y 14,850, respectivamente. Además, el BIC normalizado fue de 5,005.

Estos resultados indicaron que el modelo de series temporales tuvo una capacidad razonablemente buena para prever la incidencia de COVID-19 en la, con una precisión general aceptable y una baja variabilidad en los errores de predicción.

La Tabla 2 ofrece una visión detallada de las estadísticas relacionadas con el modelo utilizado en el estudio, centrándose en el modelo específico denominado "Casos". Esto incluye el número de predictores utilizados en el modelo, estadísticos de ajuste del modelo y pruebas de bondad de ajuste.

Tabla 2- Resultados de estadísticas del modelo de predicción de COVID-19 (Modelo "Casos") en una clínica de la zona rural de Ecuador

Número de predictores	Estadísticos de ajuste del modelo		Ljung-Box Q(18)			Número de valores atípicos
	R cuadrado estacionaria	RMSE	Estadísticos	DF	Sig.	
0	-2,190	8,271	.	0	.	0

La Tabla 2 mostró que el modelo "Casos" no utilizó ningún predictor, ya que el número de predictores fue 0. Los estadísticos de ajuste del modelo incluyeron un

R cuadrado estacionaria de -2,190 y un RMSE (Error Cuadrático Medio de la Raíz) de 8,271. Además, se realizaron pruebas de bondad de ajuste, como la prueba Ljung-Box Q(18), que arrojó un valor de 0, indicando que el modelo ajusta bien los datos sin autocorrelación.

No se identificaron valores atípicos en este modelo. Estos resultados evidenciaron que el modelo "Casos" proporcionó un ajuste adecuado a los datos sin necesidad de incluir predictores.

La Tabla 3 detalla los parámetros del modelo de suavizado exponencial que se aplicaron en el estudio. Estos parámetros son fundamentales para comprender el proceso de suavización y predicción en el modelo "Casos".

Tabla 3- Parámetros del modelo de suavizado exponencial en la predicción de COVID-19 (Modelo "Casos")

Parámetros del modelo de suavizado exponencial					
Modelo		Estimación	SE	t	Sig.
Ninguna transformación	Alfa (nivel)	0,900	0,547	1,644	0,161
	Gamma (tendencia)	1,000	1,017	0,983	0,371
	Delta (estacionalidad)	0,001	5,274	0,000	1,000

En la Tabla 3 se presentaron los parámetros del modelo de suavizado exponencial para el modelo "Casos", pudiéndose visualizar los valores estimados que incluyen un Alfa (nivel) de 0,900, un Gamma (tendencia) de 1,000 y un Delta (estacionalidad) de 0,001. Cada parámetro se acompaña de su error estándar (SE), el estadístico t y el valor de significancia (Sig.).

El valor estimado de Alfa (0,900), indicó que este parámetro controló la suavización del componente de nivel en el modelo. Un valor cercano a 1 sugiere que las observaciones pasadas tienen un fuerte impacto en el nivel actual del modelo.

El valor estimado de Gamma (1,000), representó el control de la suavización del componente de tendencia. Un valor de 1 sugiere que la tendencia se suaviza moderadamente.

Por su parte, el valor estimado de Delta (0,001), fue muy cercano a cero. Esto sugirió que la estacionalidad no tuvo un fuerte efecto en el modelo y fue prácticamente insignificante en la predicción.

Los valores de significancia (Sig.) fueron importantes para evaluar si los parámetros eran estadísticamente significativos. En este caso, todos los parámetros tuvieron valores de significancia relativamente altos ($p > 0,05$), lo que indicó que no eran estadísticamente significativos en la predicción del modelo.

En resumen, los parámetros del modelo de suavizado exponencial indicaron que las observaciones pasadas tuvieron un impacto moderado en el nivel y la tendencia del modelo "Casos", mientras que la estacionalidad apenas afectó la predicción. Los valores de significancia sugirieron que estos parámetros no eran estadísticamente significativos en este contexto.

Estos parámetros fueron esenciales para ajustar el modelo de suavizado exponencial y facilitar la predicción de casos de COVID-19 en la clínica, mediante el modelo "Casos".

La Figura 1 ilustra gráficamente la evolución de los casos de COVID-19 en pacientes de la clínica estudiada, abarcando el período de 2021 a 2023, dividido en trimestres. El eje vertical (eje Y) muestra la cantidad de casos, mientras que el eje horizontal (eje X) representa el transcurso del tiempo.

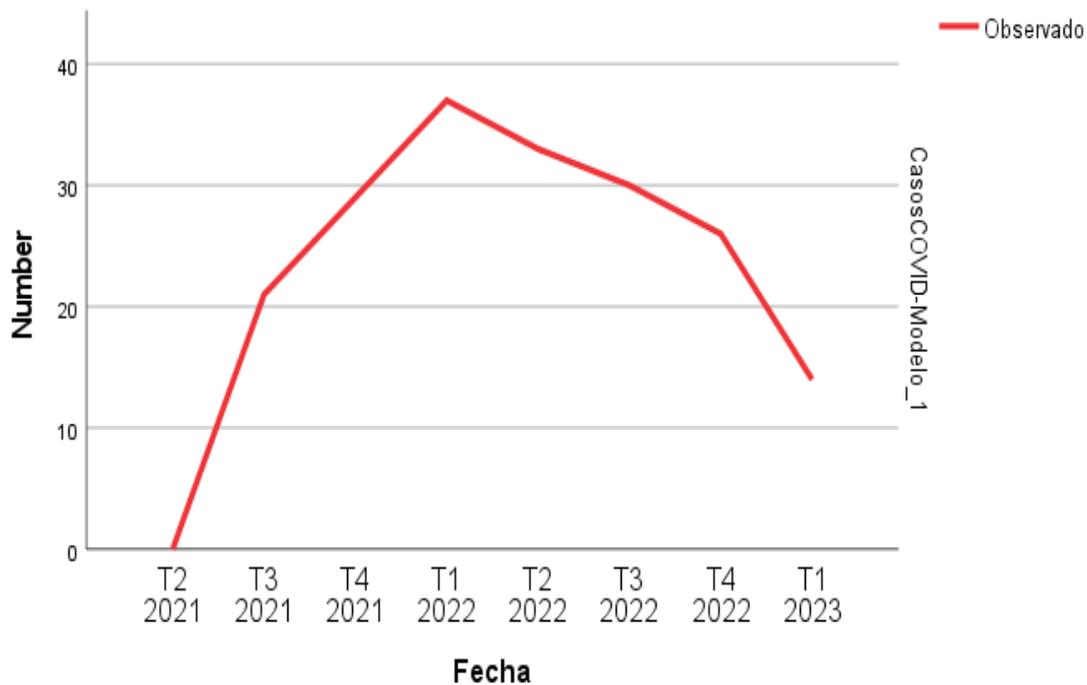


Fig. 1- Distribución temporal de casos de COVID-19 (2021-2023).

La Figura 1 ofrece una representación gráfica de la variación en la incidencia de COVID-19 en los pacientes a lo largo del tiempo. Esta representación visual permite observar la tendencia temporal de la enfermedad en la población ecuatoriana bajo estudio. Se observa un aumento inicial en los casos, seguido de una disminución durante los últimos trimestres del período analizado.

La Figura 2 exhibe dos líneas distintas: una representa los datos observados (casos) desde 2021 hasta 2023, mientras que la otra refleja las proyecciones para el periodo 2023-2024, tras realizar una descomposición de la serie temporal. Su propósito radica en permitir la comparación entre los datos reales y las predicciones futuras, lo que facilita la evaluación de la precisión del modelo predictivo.

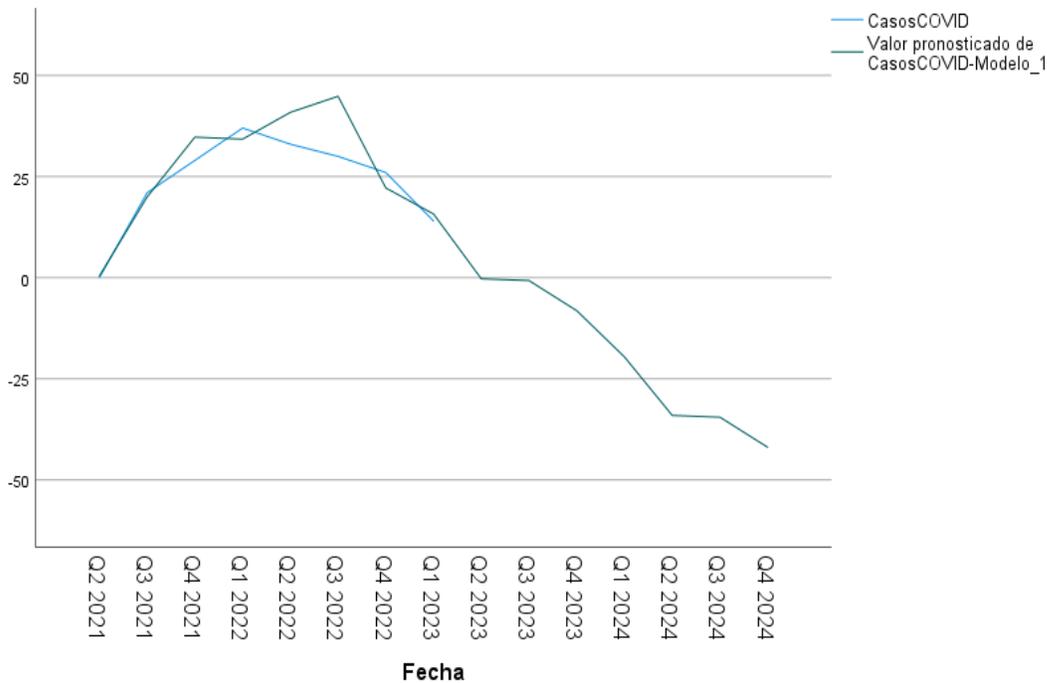


Fig. 2- Comparación de datos reales y pronósticos de casos de COVID-19 para 2023-2024.

La Figura 2 se reveló como una valiosa herramienta para evaluar la precisión de las predicciones efectuadas por el modelo de series temporales. Facilita la comparación visual entre los datos reales, es decir, los casos observados, y las predicciones correspondientes al período 2023-2024, lo que permitió evaluar la fidelidad del modelo. La figura pone de manifiesto que el modelo logró captar de manera adecuada la tendencia de la variable durante el período de estudio y que esta tendencia se mantendrá durante 2023-2024.

No se observaron desviaciones notables entre los datos reales y las previsiones, lo que sugirió que el modelo se ajustaba eficazmente a la evolución de la variable en el futuro. En consecuencia, la Figura 2 respaldó la afirmación de los autores sobre la utilidad de las series temporales en la predicción de eventos futuros, en este caso, el comportamiento de la variable en 2023-2024, y confirmó la calidad de las predicciones realizadas por el modelo.

Discusión

Este estudio sobre la previsión de COVID-19 mediante modelos de series temporales en pacientes de una clínica reviste importancia fundamental porque contribuye a mejorar la capacidad de respuesta y gestión de la pandemia de COVID-19 en una región ecuatoriana, permitiendo la toma de decisiones basada en datos precisos y pronósticos confiables.

Los autores opinan que, en entornos con recursos limitados, como clínicas regionales, la anticipación precisa de la propagación de la enfermedad es crucial para la asignación eficiente de recursos, como camas de hospital, ventiladores y personal médico. Además, este estudio ayuda a mitigar la propagación del virus al anticipar brotes y aplicar medidas de control a tiempo, lo que a su vez contribuye a la protección de la salud pública y la reducción del impacto negativo de la enfermedad.

Asimismo, los resultados permiten seguir de cerca las tendencias de la enfermedad y evaluar la efectividad de las intervenciones implementadas, lo que aporta información valiosa para la toma de decisiones a corto y largo plazo.

A pesar de su enfoque, los resultados y metodologías presentados en este estudio pueden ser generalizables a otras regiones que comparten similitudes, lo que amplía su importancia a nivel global. Además, este estudio también aporta de manera significativa a la educación universitaria.

El modelo de series temporales que se aplica en este estudio implica el análisis de datos secuenciales en un contexto predictivo. Las series temporales representan datos dispuestos en orden cronológico, y se utilizan para anticipar valores futuros. Estos modelos típicamente incorporan elementos de tendencia, estacionalidad y residuos en su enfoque de predicción. Los coeficientes Alfa, Gama y Delta desempeñan un papel esencial en la formulación del modelo predictivo.

La evaluación de la capacidad predictiva se basa en la medición del error cuadrático medio, un indicador fundamental. Este proceso incluye la generación de pronósticos y la comparación con los residuos para evaluar el rendimiento del modelo. Esencialmente, la utilidad de las series temporales radica en su capacidad para realizar predicciones a largo plazo en contraposición a la mera estimación de valores actuales. En comparación con otros enfoques estadísticos, las series temporales se centran en la proyección a futuro.

La pandemia de COVID-19 está causando un elevado número de fallecimientos, un sufrimiento considerable y modificaciones sustanciales en la rutina de individuos a nivel global.⁽⁴⁾ Una investigación afín a la presente, que se realiza en Kenia, señala que, aunque los adultos jóvenes poseen un nivel educativo superior y están menos preocupados por la pandemia, son menos propensos a manifestar su disposición a vacunarse en comparación con el grupo de adultos mayores.⁽⁵⁾

Dentro del marco de esta investigación, es relevante destacar que un año después de la declaración de la pandemia de COVID-19, Brasil registra el segundo mayor número de casos y muertes, así como el mayor número de muertes diarias por la enfermedad. La respuesta deficiente del país a la propagación de la COVID-19 se atribuye principalmente a la falta de pruebas generalizadas, políticas de salud pública ineficientes, mala gestión del sistema de salud y la inestabilidad política. Las acciones no respaldadas por evidencia científica y el obstáculo por parte del gobierno desempeñan un papel crucial en esta situación.⁽⁶⁾

En este contexto, un estudio que se lleva a cabo por Ferrante et al. (2021) resalta que las decisiones políticas del gobierno federal de Brasil contribuyen al aumento de casos de COVID-19, convirtiendo al país en un importante foco de SARS-CoV-2 y sus variantes. Esto no solo representa un riesgo para los esfuerzos globales de control, sino que también debilita las instituciones democráticas, lo que, a su vez,

podría contrarrestar la agenda política y facilitar aún más la propagación de la COVID-19. En consecuencia, la persistencia de la pandemia de COVID-19 en Brasil se asocia con factores relacionados con las decisiones tomadas por líderes políticos de alto nivel.⁽⁷⁾

En relación al COVID-19, que causa el virus SARS-CoV-2,⁽⁸⁾ es importante señalar que los coronavirus se clasifican en variantes de preocupación (VOC) y variantes de interés (VOI).⁽⁹⁾ Diferentes países e instituciones adoptan estrategias de aislamiento con variaciones significativas,⁽¹⁰⁾ y deben estar preparados para la aparición de nuevas variantes del SARS-CoV-2 que presenten diversos patrones epidemiológicos y características patógenas emergentes o que vuelvan a emerger. Estas variaciones plantean preocupaciones significativas en términos de salud pública.⁽¹¹⁾

Un elemento fundamental en la pandemia de COVID-19 radica en su complejidad ética, que abarca todos los aspectos vinculados a la vacunación, abarcando desde la manufactura y distribución hasta la administración de las vacunas. Para combatir eficazmente esta pandemia, es esencial otorgar un papel primordial a las consideraciones éticas, ya que el éxito no se limita meramente a cuestiones de salud o economía.^(12,13)

La COVID-19 no solo impacta de manera aguda en la salud de los individuos, sino que también puede dar lugar a la persistencia de síntomas durante varias semanas después de la infección. Es relevante señalar que, en comparación con otros grupos de edad, los adultos mayores pueden experimentar síntomas con características diferentes.⁽¹⁴⁾

La diversidad en los patrones de contacto, las tasas de mortalidad y la capacidad de propagación entre diferentes grupos de edad puede ejercer un impacto significativo en los resultados de una epidemia. La adaptación del comportamiento

en respuesta a la propagación de un agente infeccioso puede dar lugar a dinámicas epidemiológicas de gran complejidad. La variación en la susceptibilidad a la infección según la edad puede generar dinámicas epidémicas más intrincadas, incluso en situaciones en las que la transmisión del patógeno es relativamente baja. Aquellos con menor riesgo de infección pueden contribuir a la complejidad en la dinámica de aquellos con un mayor riesgo de infección. En la toma de decisiones, los responsables de políticas deben considerar la interdependencia de estos grupos diversificados.⁽¹⁵⁾

Conclusiones

El estudio se centró en utilizar modelos de series temporales para prever la incidencia de la COVID-19 en pacientes de una clínica de salud en zonas rurales del Ecuador. Los resultados arrojaron que el modelo fue capaz de capturar eficazmente la tendencia temporal de los casos de COVID-19, lo que sugirió que estos modelos pueden ser útiles para prever la evolución de la enfermedad en la región.

Además, la precisión de las predicciones, medida mediante el RMSE y el MAPE, mostró niveles aceptables de exactitud, lo que indicó que este enfoque de modelado puede ofrecer pronósticos confiables. Sin embargo, es importante destacar que algunos parámetros del modelo de suavizado exponencial no resultaron estadísticamente significativos en este contexto, lo que indicó que la estacionalidad tenía un impacto mínimo en las predicciones.

Estos hallazgos apuntan a la viabilidad de utilizar modelos de series temporales como herramienta predictiva en la gestión de la COVID-19. Si bien se necesitarían investigaciones adicionales para refinar y adaptar el modelo a las características específicas de la población y el contexto local, este estudio sienta las bases para

futuros esfuerzos de predicción y control de la enfermedad en la región.

La capacidad de anticipar la evolución de la COVID-19 puede ser de gran utilidad para la toma de decisiones clínicas y de salud pública, lo que podría contribuir a una mejor gestión y control de la pandemia en Ecuador, y en otros lugares con características similares.

Referencias bibliográficas

1. Vega V, Sánchez B. El cisne negro de la Covid-19 y la figura del Controller en la gestión empresarial. *Rev Univ y Soc.* 2021;13(S3):196-202. Disponible en:

<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2466>.

2. Rahman MS, Chowdhury AH, Amrin M. Accuracy comparison of ARIMA and XGBoost forecasting models in predicting the incidence of COVID-19 in Bangladesh. *PLOS Glob Public Health.* 2022 May 18;2(5):e0000495.

<https://10.1371/journal.pgph.0000495>.

3. Christodoulakis N, Abdelkader W, Lokker C, Cotterchio M, Griffith LE, Vanderloo LM, Anderson LN. Public Health Surveillance of Behavioral Cancer Risk Factors During the COVID-19 Pandemic: Sentiment and Emotion Analysis of Twitter Data. *JMIR Form Res.* 2023 Nov 2;7:e46874. <https://10.2196/46874>.

4. Peano A, Politano G, Gianino MM. Determinants of COVID-19 vaccination worldwide: WORLDCOV, a retrospective observational study. *Front Public Health.* 2023 Aug 31;11:1128612. <https://10.3389/fpubh.2023.1128612>.

5. Rajshekhar N, Pinchoff J, Boyer CB, Barasa E, Abuya T, Muluve E, Mwanga D, Mbushi F, Austrian K. Exploring COVID-19 vaccine hesitancy and uptake in Nairobi's urban informal settlements: an unsupervised machine learning analysis of a longitudinal prospective cohort study from 2021 to 2022. *BMJ Open.* 2023

- Sep 12;13(9):e071032. <https://10.1136/bmjopen-2022-071032>.
6. Boschiero MN, Palamim CVC, Ortega MM, Mauch RM, Marson FAL. One Year of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Brazil: A Political and Social Overview. *Ann Glob Health*. 2021 May 18;87(1):44. <https://10.5334/aogh.3182>.
7. Ferrante L, Duczmal L, Steinmetz WA, Almeida ACL, Leão J, Vassão RC, et al. How Brazil's President turned the country into a global epicenter of COVID-19. *J Public Health Policy*. 2021 Sep;42(3):439-451. <https://10.1057/s41271-021-00302-0>.
8. Zúñiga Cárdenas GA, Sailema López LK, Alfonso González I. Pacientes de COVID-19 en cuidados intensivos y sus lesiones cutáneas. *Universidad y Sociedad* [Internet]. 9jun.2022 [citado 19sep.2023];14(S3):105-17. Available from: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2940>
9. Llerena Cepeda M de L, Sailema López LK, Zúñiga Cárdenas GA. Variantes de COVID-19 predominates en Ecuador y sus síntomas asociados. *Universidad y Sociedad* [Internet]. 9jun.2022 [citado 19sep.2023];14(S3):93-04. Available from: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2939>
10. Xie G, Wang L, Zhang J. How are countries responding differently to COVID-19: a systematic review of guidelines on isolation measures. *Front Public Health*. 2023 Aug 30;11:1190519. doi: <https://10.3389/fpubh.2023.1190519>.
11. Meo SA, Meo AS, Al-Jassir FF, Klonoff DC. Omicron SARS-CoV-2 new variant: global prevalence and biological and clinical characteristics. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2021 Dec;25(24):8012-8018. https://10.26355/eurrev_202112_27652.
12. Ramos Serpa G, Gómez Armijos CE, López Falcón A. Aspectos de éticas sobre la vacunación contra el COVID-19. *Universidad y Sociedad* [Internet]. 9jun.2022

[citado 19sep.2023];14(S3):60-1. Available from:

<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2935>

13. Romana I. *¿Bases de la obligación ética?: las vacunas contra el COVID-19.*

Philpapers.org. 2021. Disponible en: <https://philpapers.org/archive/ESCBDL.pdf>

14. Contreras PJ, Romero-Albino Z, Cuba-Fuentes MS. Description of frequent and persistent symptoms of COVID-19 among older adults who attend senior centers.

Medwave. 2022 Jan 28;22(1):e8689. Spanish, English.

<https://10.5867/medwave.2022.01.002510>.

15. Arthur RF, Levin M, Labrogere A, Feldman MW. Age-differentiated incentives for adaptive behavior during epidemics produce oscillatory and chaotic dynamics.

PLoS Comput Biol. 2023 Sep 5;19(9):e1011217.

<https://10.1371/journal.pcbi.1011217>.