



Principales indicadores estadísticos de la pandemia por COVID-19 en el Perú – 2022 Main statistical indicators of the COVID-19 pandemic in Peru – 2022

Wilson Guillermo Díaz Araujo^{1*}, Martha Cardozo Vigil¹, Sergio Albert Chafloque Viteri¹, Aldo Jesús Ramos Martines²

¹Departamento Académico de Estadística de la UNT, Trujillo-La Libertad, Perú

²Escuela Académico Profesional de Estadística de la UNT, Trujillo-La Libertad, Perú,

Resumen

En este estudio, se reportan los principales indicadores estadísticos de la pandemia por Covid-19 en el Perú, correspondientes a 33 meses, entre marzo 2020 - noviembre 2022. La información mensual fue obtenida de los reportes diarios del MINSA. Las características correspondieron a: positividad, letalidad, número de personas recuperadas y número de personas vacunadas con dos dosis. Para realizar las ilustraciones gráficas y obtener los indicadores estadísticos se utilizaron los programas EXCEL y MINITAB. El estudio fue de índole descriptivo y los promedios mensuales de la positividad, la letalidad, el número de personas recuperadas y el número de personas que se vacunaron con dos dosis, ascendieron a 10.79%, 3.75%, 128562 y 237211, respectivamente. Con respecto a la homogeneidad, la tasa mensual de letalidad fue más homogénea que la positividad ($56\% < 67\%$) y el número mensual promedio de personas vacunadas con dos dosis fue más homogéneo que el número mensual promedio de personas recuperadas ($66\% < 134\%$). La tasa de letalidad media por día en el Perú es mayor que el 2% (Valor $P = 0$). Al utilizar la serie suavizada de la tasa media de positividad mensual para el período agosto-noviembre 2020, el Análisis de Varianza en la Regresión Lineal de la tasa media de positividad mensual sobre el tiempo (meses), produjo un resultado altamente significativo ($P < 0.01$), corroborándose la influencia del tiempo sobre la tasa de positividad media, lo que permitió hacer una proyección, por ejemplo, para enero de 2021, de una tasa de positividad media de 15.66%.

Palabras clave: *Pandemia*. Covid-19, positividad, letalidad, regresión lineal

Abstract

In this study, the main statistical indicators of the Covid-19 pandemic in Peru are reported, corresponding to 33 months, between March 2020 - November 2022. The monthly information was obtained from the daily reports of the MINSA. The characteristics corresponded to: positivity, lethality, number of recovered people and number of people vaccinated with two doses. To make the graphic illustrations and obtain the statistical indicators, the EXCEL and MINITAB programs were used. The study was descriptive in nature and the monthly averages of positivity, lethality, number of recovered people and the number of people vaccinated with two doses amounted to 10.79%, 3.75%, 128,562 and 237,211, respectively. Regarding homogeneity, the monthly case fatality rate was more homogeneous than the positivity rate ($56\% < 67\%$) and the monthly average number of people vaccinated with two doses was more homogeneous than the monthly average number of recovered people ($66\% < 134\%$). The average case fatality rate per day in Peru is greater than 2% (P value = 0). When using the smoothed series of the average monthly positivity rate for the period August-November 2020, the Analysis of Variance in the Linear Regression of the average monthly positivity rate over time (months) produced a highly significant result ($P < 0.01$), corroborating the influence of time on the average positivity rate, which allowed a projection, for example, for January 2021, of an average positivity rate of 15.66%.

Keywords: *Pandemic*, Covid-19, positivity, lethality, linear regression

1. Introducción

Una pandemia es definida como una epidemia que ocurre en un área muy amplia, cruzando fronteras internacionales y generalmente afectando a un gran número de personas. La pandemia aguda de Covid-19, enfermedad causada por el virus Sars-Cov-2, ha puesto en alerta y emergencia a los países del mundo. El 11 de marzo de 2020, el Director General de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el doctor Tedros Adhanom Ghebreyesus, anunció que la nueva enfermedad por el coronavirus 2019 (COVID-19), puede caracterizarse como una pandemia (Vara, 2021; OMS, 2020; Martín, 2021). Al 30 de enero de 2020, “el número de personas infectadas en China aumentó una vez más a 8.149, marcando un aumento de 1.900 casos en menos de 24 horas. El número de muertos subió a 171” (Morrison, 2020, p. 110). Su alto nivel de contagio y tasa de mortalidad contrastan con la insuficiencia de respiradores mecánicos y unidades de cuidados intensivos, lo que lleva a que los gobiernos ordenen el aislamiento social obligatorio para las personas en sus hogares, como medida de contención del virus. Más de 180 países han reaccionado ante la pandemia con declaraciones de emergencia sanitaria y, en la mayoría de los casos, con el aislamiento social obligatorio, suspendiendo las actividades económicas no esenciales y obligando a las personas a mantenerse confinadas en sus hogares (Vara, 2021).

En diciembre de 2019 empezaron a reportarse una serie de incidentes en Wuhan, China. El primero de ese mes se había presentado el primer caso conocido de un paciente de 70 años, cuyos síntomas se asemejaban a los de una neumonía ... Pronto, los estudios preliminares identificaron que no se trataba de una neumonía común: era un nuevo brote del SARS. Una pandemia parecía inminente y era fundamental detenerla. El virus de Wuhan se esparció rápidamente. En ese entonces, nadie se imaginaba que el virus se podía diseminar fuera de China y, menos, que llegaría al Perú (Molinelli, 2021).

En Trujillo, se produce la víctima mortal número veintiséis de Covid-19, quien sufría de asma, un factor de riesgo de esta enfermedad. Desde la ventana de nuestros hogares se podía ver cómo caía la tarde, cómo la calle se hacía silencio, cómo la patrulla de policías transitaba recibiendo el aplauso. Era extraño, pero era real; p. 7; es un hombre de sesenta y seis años y es la víctima ochenta y tres en La Libertad (Aliaga, 2021).

Una serie de sucesos comenzaron a presentarse debido a la pandemia COVID-19 en el Perú. Loreto, la región golpeada; la carrera del oxígeno; el drama de las UCI; la inmunización tan esperada. El 19 de marzo de 2020 se anunciaron las tres primeras personas fallecidas por Covid en el Perú. Las vacunas empezaron a desarrollarse contra la Covid-19, a nivel mundial. Desde marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otros actores pusieron en marcha el desarrollo de las vacunas contra la COVID-19. En nuestro país, Iquitos, un distrito que alberga a más de medio millón de habitantes, nos mostró las primeras imágenes de dolor ante la impotencia de médicos y enfermeras que lucharon por salvar vidas. Se llegó a declarar que Iquitos era la primera ciudad en el mundo donde se había alcanzado la inmunidad de rebaño. Los laboratorios de investigación y los centros médicos universitarios de todo el mundo avanzan a toda velocidad para descubrir una vacuna eficaz contra el nuevo coronavirus, que causa la COVID-19. La pandemia actual ha causado cientos de miles de muertes en todo el mundo. Durante la pandemia de la Covid-19, las personas infectadas con la enfermedad informaron síntomas físicos abrumadores, que incluyeron fiebre alta con escalofríos, dolor muscular intenso, tos persistente, dificultad para respirar, dolor de garganta, fuertes dolores de cabeza y fatiga. El mercado de valores se desplomó durante la pandemia (Finley, 2020). Al 12 de diciembre de 2021, Perú superó el 70% de la población objetivo vacunada con dos dosis mayores de 12 años, reportándose 19'918,954 personas vacunadas con dos dosis (El Peruano, 2021; La República, 2021).

En lo que respecta a algunas estadísticas adicionales, se ha encontrado reportes de la evolución semanal de casos positivos de COVID-19 durante el período marzo 2020-junio 2021 (78 semanas), con una tendencia descendente de los casos positivos en las últimas doce semanas del período considerado (17,495 casos positivos en la última semana de junio). El oxígeno se suministraba a través de balones

en el hospital adquirido a la Marina de Guerra del Perú. Se ha establecido epidemiológicamente el caso cero o primer paciente de Loreto, detectado en Punchana, un distrito urbano de Iquitos: un hombre de unos 45 años que trabajaba en un resort para visitante en Indiana (Vara, 2021; Molinelli, 2021).

El 09 de febrero de 2021 el Perú escribe un nuevo capítulo en su historial al iniciar el proceso de vacunación para combatir la pandemia del COVID-19, cuyo impacto ha sido incalculable en el país y en la comunidad internacional, pero gracias al esfuerzo conjunto de los peruanos puede revertirse con la participación masiva de la ciudadanía en la campaña de inmunización (El Peruano, 2021). A partir del primer caso positivo detectado en el Perú debido a COVID-19, el Ministerio de Salud proporciona información diaria de las principales características, a través de sus comunicados. Por ejemplo, en uno de ellos, se encuentra “Hasta las 22:00 horas del día 8 de febrero de 2021 se han procesado ..., obteniéndose, 1196778 casos confirmados... El MINSA lamenta informar que la COVID-19 ha producido el fallecimiento de 42626 ciudadanos en el país” (MINSa, 2021).

En lo que se refiere a algunas otras estadísticas de la COVID-19 en el Perú, hasta el mes de abril de 2021, utilizando la información contenida en los comunicados del MINSa, se ha encontrado que en abril de 2021, la positividad se incrementó en un 6.2% con respecto al mes anterior, mientras que la letalidad se incrementó en un 62.3%. A la luz de los resultados, las variantes detectadas la primera semana de enero de 2021 (británica) y la primera semana de febrero de 2021 (brasileña), no serían más contagiosas, pero sí, más letales. Por otro lado, el número de fallecimientos en abril de 2021 se incrementó en un 75.8% con respecto a marzo de 2021. Asimismo, a partir de diciembre de 2020 se observa un aumento del número promedio diario por mes de personas recuperadas. Finalmente, el número promedio por mes de personas muestreadas ha aumentado, mes a mes, a partir de diciembre de 2020 (MINSa, 2021).

Justificación

Actualmente, el Ministerio de Salud (MINSa), a través de comunicados, reporta información diaria, relacionada con algunas características de la pandemia COVID-19 en el Perú, como: número de personas muestreadas, de casos positivos, de casos negativos, de altas, de fallecidos, etc.; éstas y otras variables se van acumulando, día a día. De todas ellas, es de particular interés e importancia, los números de casos positivos y de fallecidos y su posible relación con el número de personas vacunadas. Sin embargo, existe poca información mensual de las mismas. A nivel semanal, se encuentra la evolución del número de casos positivos de COVID-19, en Molinelli (2021).

En este contexto, el presente estudio utilizará los comunicados diarios del MINSa para determinar indicadores mensuales de estas características, a fin de observar el comportamiento, a través de los meses, del número de contagios y de fallecidos. Para su relación de estas dos últimas características con el número de personas vacunadas (con dos dosis) se tendrá en cuenta la información diaria del MINSa. Tales indicadores se refieren, básicamente, a promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y coeficiente de correlación que permitirán un análisis estadístico adecuado.

A pesar de que tal información es importante, es necesario actualizarla, considerando los siguientes meses, puesto que la pandemia aún no ha terminado, máxime si se considera información acerca del número de personas vacunadas con dos dosis, tan importante en la inmunización de las personas.

Por lo expuesto anteriormente, el presente estudio tiene como objetivo principal determinar indicadores estadísticos mensuales basados en los comunicados diarios del MINSa. Estos indicadores permitirán observar el comportamiento a través de los meses del número de casos positivos y de fallecimientos, dos de las variables más críticas en el monitoreo de la pandemia. Además, se buscará analizar la relación entre estas dos variables y el número de personas vacunadas con dos dosis, lo que podría ofrecer información valiosa sobre la efectividad de la vacunación en la disminución de contagios y muertes. Para ello, se utilizarán indicadores estadísticos como el promedio, la desviación estándar, y los coeficientes de variación y de correlación, los cuales permitirán un análisis más preciso y detallado.

2. Metodología

Diseño de estudio y datos

Este estudio se enmarca dentro de una investigación observacional de corte longitudinal, cuyo diseño es descriptivo. En este tipo de enfoque, la observación continua y detallada de las variables permite comprender cómo evolucionan a lo largo del tiempo sin intervenir en su curso natural.

En cuanto a la población objeto de análisis está conformada por los reportes diarios emitidos por el Ministerio de Salud (MINSA) del Perú. Estos informes reportan datos detallados sobre las características de la pandemia, como el número de personas muestreadas, casos positivos, negativos, altas, y fallecimientos. Estos comunicados diarios, fuente primaria de información, permiten observar de manera directa el comportamiento del virus en el país y constituyen la base fundamental para el desarrollo de este estudio.

El análisis se realizó sobre la totalidad de los datos reportados en los comunicados del MINSA, garantizando que el estudio se base en una recopilación completa y exhaustiva de la información disponible, sin limitaciones de selección.

Para organizar y procesar estos datos de manera eficiente, se ha diseñado una base de datos propia, pensada específicamente para recolectar la información sobre la pandemia en el Perú. Esta herramienta es esencial para sistematizar los reportes diarios del MINSA y facilitar un análisis profundo de las variables en cuestión, permitiendo observar de forma clara la evolución del número de casos positivos, decesos y su posible relación con la vacunación. La base de datos permite ordenar, clasificar y analizar los datos de forma coherente, lo que resulta crucial para obtener resultados precisos y significativos en este estudio.

Procedimiento

Para realizar el análisis, se elaboró una base de datos específicamente diseñada para organizar la información proporcionada por el Ministerio de Salud (MINSA) sobre la pandemia por COVID-19 en el Perú. Esta base permitió estructurar los reportes diarios, facilitando el acceso y el posterior procesamiento de los datos.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó utilizando métodos estadísticos adecuados para el tipo de información recolectada. El proceso comenzó con la observación directa de los datos proporcionados en los reportes diarios del MINSA. Para organizar y procesar la información, se utilizó la hoja de cálculo Excel y el programa estadístico MINITAB.

Uno de los métodos empleados en el análisis fue el uso de las medias móviles con la finalidad de obtener un gráfico de series de tiempo más nítido, con lo cual se logra “suavizarlo”. De este modo, si estuviera presente alguna gran componente irregular en cierto período temporal, el método producirá un menor efecto si se promedia la observación en dicho período con sus “vecinos” más cercanos. Al conjunto de todas las medias móviles obtenidas se lo denomina “serie suavizada”. Además, con cierta frecuencia, los promedios móviles permiten eliminar las variaciones estacionales y aleatorias; pero también, se utilizan como aproximación a la tendencia de una variable aleatoria temporal, lo que da lugar a realizar estimaciones. (Martínez, 2005).

Uno de los métodos más utilizados lo constituyen las a técnica de medias móviles centradas simples de “ $2p + 1$ ” períodos fue la seleccionada para este estudio. Este método permite suavizar los datos al promediar las observaciones de un período con los valores de sus vecinos más cercanos. Esto reduce el impacto de valores atípicos y proporciona una visión más estable de la evolución de los indicadores a lo largo del tiempo.

La notación utilizada para describir las medias móviles es la siguiente:

X : variable de interés (tasa de positividad, ganancia, ventas, cotización, etc.).

p : número de datos perdidos en cada extremo de la serie ($p = 2$, $p = 3$, etc.)

n : número de períodos de la serie (si $p = 3$, $n = 7$, $n = 30$, etc.).

La media móvil en el período t , X_t^* , se obtiene del siguiente modo:

$$X_t^* = \frac{1}{2p+1} \sum_{j=-p}^p X_{t+j} \dots\dots\dots (*)$$

donde

$$t = p+1, p+2, \dots, n-p.$$

A modo de ejemplo, si $p = 3$ y $n = 10$, $n - p = 7$; $t = 4, 5, 6, 7$.

Se dice que la media móvil X_t^* está centrada porque X_t es el valor central de la suma en el numerador de (*). Al calcular X_t^* , se pierden necesariamente “ p ” datos en cada extremo de la serie original.

3. Resultados

Una vez recolectados los datos diarios proporcionados por el MINSA acerca de las características de Covid 19, tales como número de personas muestreadas (que se hicieron la prueba), casos confirmados, número de personas fallecidas, número de personas recuperadas (de alta), etc, se procedió a obtener, con asistencia de los Programas informáticos MINITAB y Excel, los indicadores por día y por mes, de número de casos confirmados (positivos), número de personas fallecidas, número de personas recuperadas (de alta) y número de personas vacunadas con dos dosis. Las tasas de positividad y de letalidad se obtuvieron, utilizando las siguientes expresiones (Real Academia Nacional de Medicina de España, 2023; Waldrop, 2020):

Positividad = (No. de casos confirmados/No. de personas muestreadas)*100%

Letalidad = (No. de personas fallecidas/No. de casos confirmados)*100%

Los períodos de tiempo en que duró la investigación fueron:

Mar20P; Abr20P; May20P; Jun20P; ...; Nov22P;

Mar20L; Abr20L; May20L; Jun20L; ...; Nov22L

donde:

Mar20P: Tasa promedio de positividad por día para Marzo de 2020

Abr20P: Tasa promedio de positividad por día para Abril de 2020

...

Nov22P: Tasa promedio de positividad por día para Noviembre de 2022

Mar20P: Tasa promedio de letalidad por día para Marzo de 2020

Abr20P: Tasa promedio de letalidad por día para Abril de 2020

...

Nov22P: Tasa promedio de letalidad por día para Noviembre de 2022

Para tales períodos de tiempo se presenta, a continuación, en la Tabla 1, el promedio (Media), el coeficiente de variación (CoefVar), el Mínimo y el Máximo, tanto de la positividad (tasa de positividad) como de la letalidad (tasa de letalidad). Asimismo, en la Tabla 2 se muestra el número mensual de pacientes recuperados (de alta) y de pacientes vacunados con dos dosis.

Tabla 1

Media (porcentaje promedio diario por mes), Coeficiente de Variación, Mínimo y Máximo de la Positividad y la Letalidad por mes durante la pandemia por Covid-19 en el Perú. (Marzo 2020- Noviembre 2022).

Positividad

Variable	N	N*	Media	CoefVar	Mínimo	Máximo
Mar20P	11	0	8.058	37.54	2.878	12.516
Abr20P	28	0	14.49	52.36	3.44	34.44
May20P	31	0	17.899	21.55	10.726	25.288
Jun20P	30	0	19.773	20.67	15.415	31.279
Jul20P	31	0	19.256	16.35	14.649	27.632
Ago20P	31	0	27.551	9.16	20.303	31.177
Set20P	30	0	24.229	9.02	20.017	29.618
Oct20P	31	0	14.676	30.45	8.383	25.626
Nov20P	30	0	10.982	13.55	8.419	14.695
Dic20P	31	0	11.631	13.72	7.852	14.069
Ene21P	31	0	15.360	19.32	6.921	21.769
Feb21P	26	0	8.6	1023.93	-373.8	224.9
Mar21P	31	0	12.769	17.67	8.681	18.627
Abr21P	30	0	13.654	23.43	9.700	22.835
May21P	30	0	9.503	27.52	1.655	15.796
Jun21P	29	0	7.261	31.56	3.796	14.655
Jul21P	31	0	4.193	25.78	2.819	8.217
Ago21P	31	0	3.050	29.29	1.846	5.936
Set21P	29	0	2.2689	13.24	1.5033	3.0791
Oct21P	31	0	2.1475	9.06	1.8680	2.5731
Nov21P	30	0	2.8373	18.65	1.8326	3.6804
Dic21P	31	0	4.306	39.06	1.758	8.145
Ene22P	31	0	24.43	33.13	8.27	34.96
Feb22P	28	0	11.65	48.58	3.40	22.26
Mar22P	31	0	2.801	148.74	0.472	24.299
Abr22P	30	0	2.265	98.70	0.482	12.477
May22P	31	0	2.009	44.25	1.063	5.452
Jun22P	30	0	5.720	54.66	2.279	15.265
Jul22P	31	0	19.01	34.97	7.22	42.13
Ago22P	31	0	14.457	29.90	7.663	20.799
Set22P	30	0	4.208	37.45	0.847	7.287
Oct22P	31	0	2.384	99.39	-0.321	12.818
Nov22P	30	0	12.65	65.51	2.10	34.32

Al utilizar los datos de la Tabla 1, se obtuvo con asistencia de Excel, que la tasa de positividad mensual fue igual a 10.79% y la tasa de letalidad mensual fue de 3.75%, para el período de tiempo considerado (marzo 2020 – noviembre 2022).

Continúa Tabla 1

Letalidad

Variable	N	N*	Media	CoefVar	Mínimo	Máximo
Mar20L	12	0	3.51	109.89	0.00	13.89
Abr20L	28	0	3.685	91.73	1.009	18.681
May20L	31	0	2.922	28.86	1.533	5.301
Jun20L	30	0	4.482	27.36	2.301	7.089
Jul20L	31	0	7.31	198.81	2.71	85.50
Ago20L	31	0	3.90	180.44	1.44	41.68
Set20L	28	0	2.437	57.24	1.091	8.636
Oct20L	31	0	2.396	29.72	1.512	5.027
Nov20L	30	0	2.689	38.69	1.515	5.360
Dic20L	31	0	3.574	44.55	1.581	7.815
Ene21L	31	0	2.927	34.01	1.223	5.444
Feb21L	25	0	2.901	36.18	0.185	6.094
Mar21L	31	0	2.601	33.12	1.185	5.125
Abr21L	30	0	4.223	35.67	2.529	10.132
May21L	29	0	5.927	62.07	2.101	18.666
Jun21L	29	0	10.44	61.55	3.38	33.97
Jul21L	31	0	7.341	37.30	2.954	14.038
Ago21L	31	0	5.957	62.92	2.043	16.998
Set21L	29	0	4.607	49.37	1.734	12.868
Oct21L	31	0	3.852	52.78	1.644	10.078
Nov21L	30	0	2.911	45.42	1.576	8.158
Dic21L	31	0	3.238	71.30	0.000	9.071
Ene22L	31	0	0.517	118.01	0.120	2.732
Feb22L	28	0	3.244	90.63	0.655	13.454
Mar22L	31	0	6.295	43.93	1.633	12.889
Abr22L	30	0	3.943	80.35	0.768	16.456
May22L	31	0	2.644	51.94	0.598	6.667
Jun22L	30	0	0.920	76.77	0.125	2.591
Jul22L	31	0	0.3602	80.96	0.0555	1.3158
Ago22L	31	0	1.058	83.80	0.264	4.042
Set22L	30	0	4.93	239.58	0.28	66.13
Oct22L	31	0	4.79	143.40	0.00	31.73
Nov22L	30	0	1.170	187.62	0.090	11.842

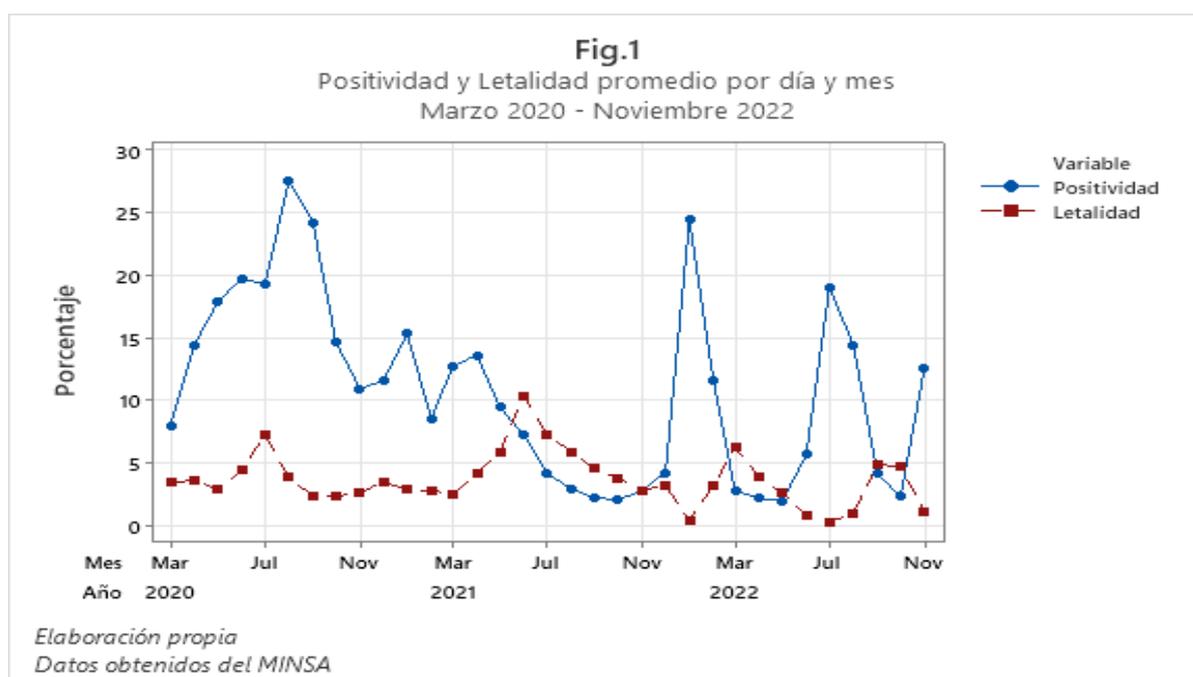
Tabla 2.

Número mensual de pacientes recuperados y vacunados con dos dosis durante la Covid en el Perú (Marzo 2020 – Noviembre 2022)

Fecha	Días	Pacientes Recuperados	Pacientes Vacunados con dos dosis
Mar-20	13	394	0
Abr-20	28	10011	0
May-20	31	56803	0
Jun-20	30	107327	0
Jul-20	31	112592	0
Ago-20	31	175202	0
Set-20	30	221486	0
Oct-20	31	143798	0
Nov-20	30	69365	0
Dic-20	31	58004	0
Ene-21	31	102163	0
Feb-21	26	179523	42
Mar-21	31	240114	81022
Abr-21	30	271388	66115
May-21	30	165999	66617
Jun-21	29	103495	162881
Jul-21	31	62760	236876
Ago-21	31	43061	340561
Set-21	29	29215	350311
Oct-21	31	28344	487827
Nov-21	30	37446	412941
Dic-21	31	65278	503193
Ene-22	31	968953	397793
Feb-22	28	294564	297507
Mar-22	31	32432	349379
Abr-22	30	6894	277142
May-Jun-22	61	8371	314150
Jul-22	31	221839	133906
Ago-22	31	190150	115109
Set-22	30	32324	74439
Oct-22	31	10282	32903
<u>Nov-22</u>	<u>30</u>	<u>64421</u>	<u>43540</u>

La información de la Tabla 2 fue utilizada para calcular, también, los promedios del número mensual de personas recuperadas (128562) y del número de personas vacunadas con dos dosis (237211, desde febrero de 2021). Ambos indicadores fueron obtenidos con asistencia de Excel.

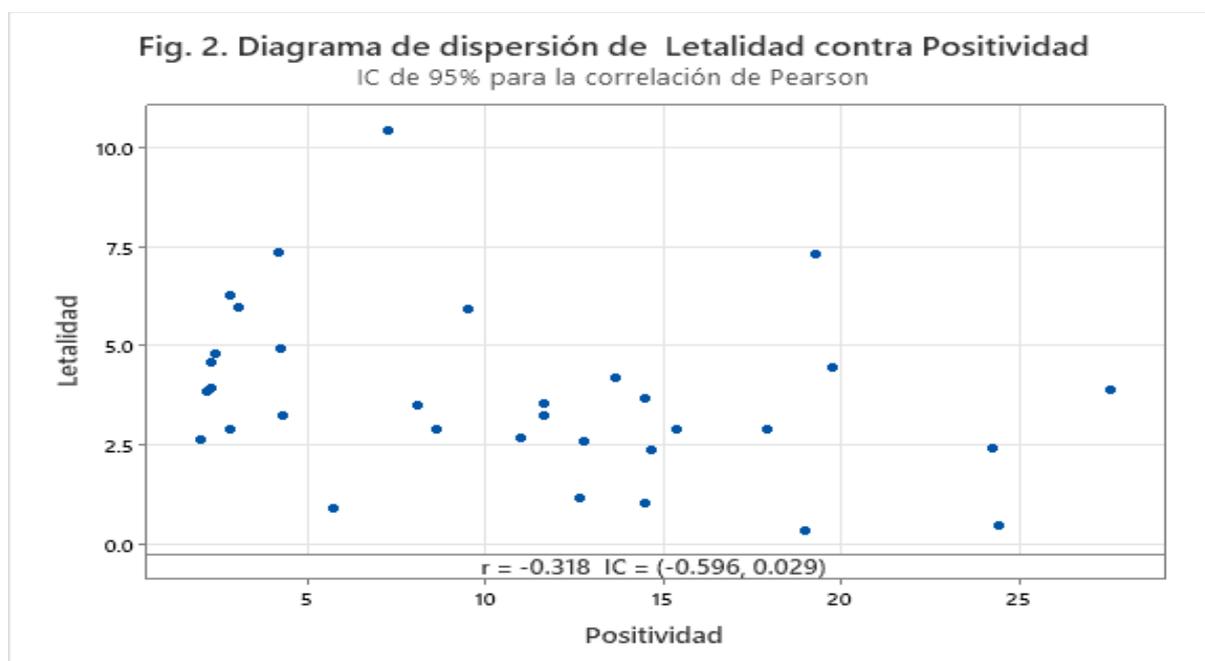
Utilizando la Tabla 1 y la Tabla 2 se ha construido las siguientes figuras: Fig. 1 (Positividad y Letalidad promedio, por día y por mes), Fig. 2 (Diagrama de dispersión de Letalidad contra Positividad), Fig. 3 (Número mensual de pacientes recuperados de la Covid-19 en el Perú) y Fig. 4 (Número mensual de pacientes vacunados con dos dosis para la Covid-19 en el Perú). La notación N que se muestra en la segunda columna de la Tabla 1 (obtenida con asistencia de MINITAB) indica el número mensual de días en los que se encontró la información proporcionada por el MINSa. Asimismo, N* indica el número de datos faltantes.



Específicamente, la Tabla 1 se ha utilizado para construir la Figura 1 precedente. En esta figura, el menor porcentaje de Positividad se encuentra en mayo de 2022 (2.009%) y el mayor porcentaje de positividad corresponde al mes de agosto de 2020 (27.551%). Con respecto a la Letalidad, los valores mínimo y máximo ocurrieron en enero de 2022 (0.571%) y en junio de 2021 (10.44%), respectivamente. Estas cantidades también se visualizan en la Tabla 1.

La positividad media mensual fue de 10.79% (homogeneidad del 67%), mientras que la letalidad media por mes fue igual a 3.75% con un coeficiente de variación del 56%.

Para el número mensual de personas recuperadas y de personas vacunadas con dos dosis, el promedio fue de 128562 y de 237211, respectivamente. Los respectivos coeficientes de variación fueron iguales a 134% y 66%.

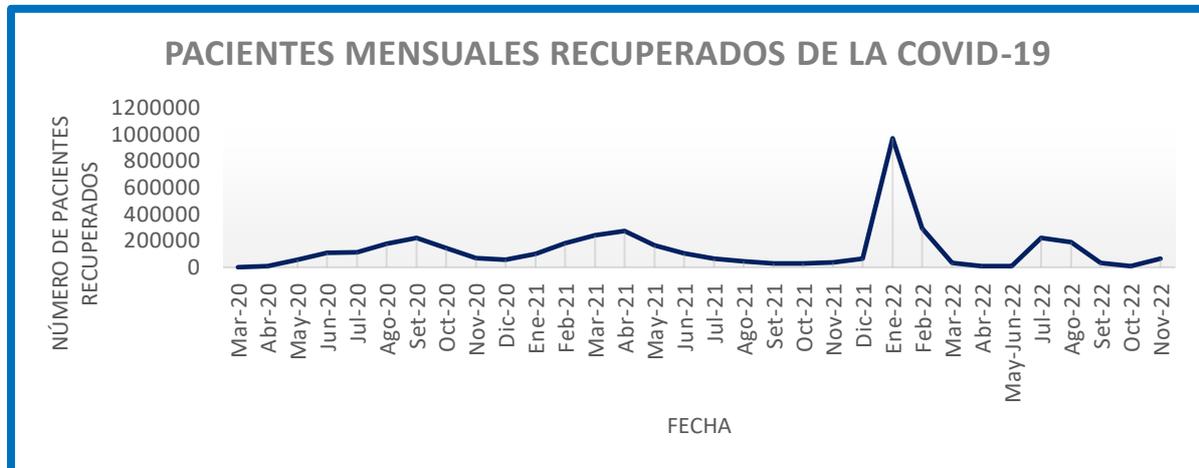


Tipo de correlación de Pearson, número de filas utilizadas 33.

La Figura 2 (Diagrama de dispersión de Letalidad contra Positividad), está acompañada del Coeficiente de Correlación Producto Momento de Pearson, el cual toma el valor $r = -0.318$, indicando que la correlación es baja e inversa entre ambas características.

Figura 3

Número mensual de pacientes recuperados de la Covid-19 en el Perú (Marzo 2020-Noviembre 2022)



En la Figura 3, cuya construcción se ha realizado utilizando la Tabla 2, se observa el número mensual de pacientes recuperados (de alta) de la Covid-19 en el Perú. en general, el número de pacientes recuperados ha tenido un ligero aumento, desde que inicia la pandemia hasta enero de 2022, a partir de cuyo período comienza a disminuir hasta octubre de 2022. el mayor número mensual de pacientes recuperados se produjo en enero de 2022 (968953).

Figura 4

Número mensual de pacientes vacunados con dos dosis para la Covid-19 en el Perú (Marzo 2020-Noviembre 2022)



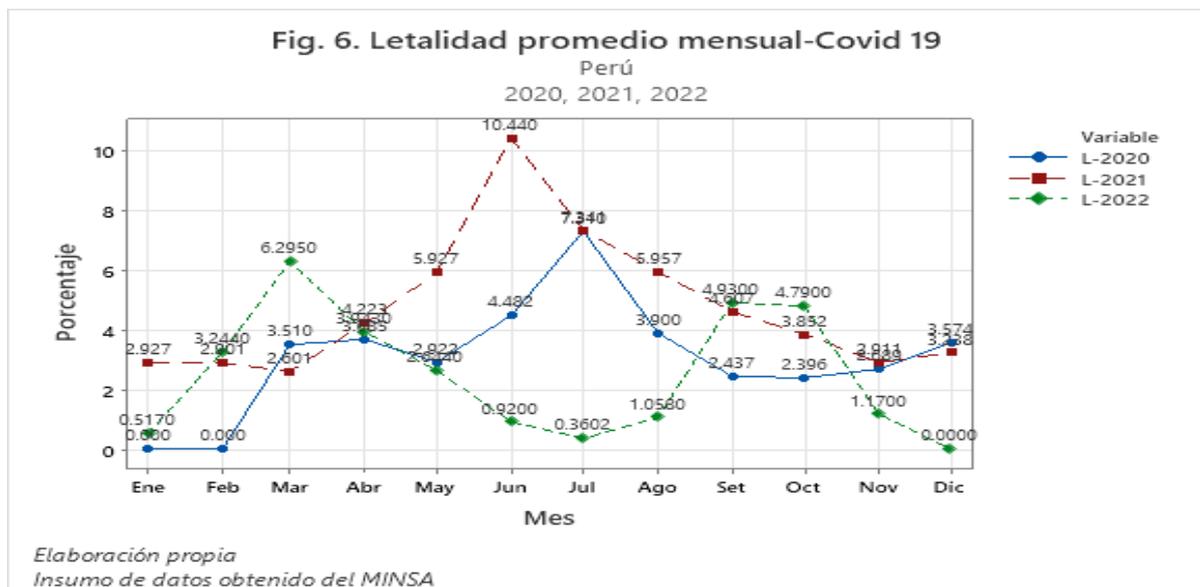
En lo que atañe al número mensual de personas vacunadas con dos dosis para la Covid-19 en el Perú, en la Figura 4, también construida con los datos de la tabla 2, se aprecia que desde que se inicia la vacunación con dos dosis (febrero de 2021), dicho número, en general, ha ido aumentando de modo progresivo, hasta enero de 2022, para luego disminuir hasta noviembre de 2022.

Para determinar la relación entre el número de personas vacunadas con dos dosis y el número de personas fallecidas, se consideró desde el período de inicio de la vacunación en el Perú (febrero de 2021) hasta noviembre de 2022. Con asistencia del Programa Excel se encontró que el Coeficiente de Correlación Producto Momento de Pearson (r), fue igual a 0.71 (relación directa moderada). Adicionalmente, la relación entre el número de personas vacunadas con una dosis y el número de personas fallecidas arrojó un resultado similar ($r=0.75$). Los datos utilizados para obtener estos resultados, fueron por día y se encuentran en el Anexo. Adicionalmente, se determinó que existe una relación inversa baja ($r=-0.318$) entre la positividad y la letalidad mensuales, debido a Covid-19 en el Perú, para el período marzo 2020 – noviembre 2022.

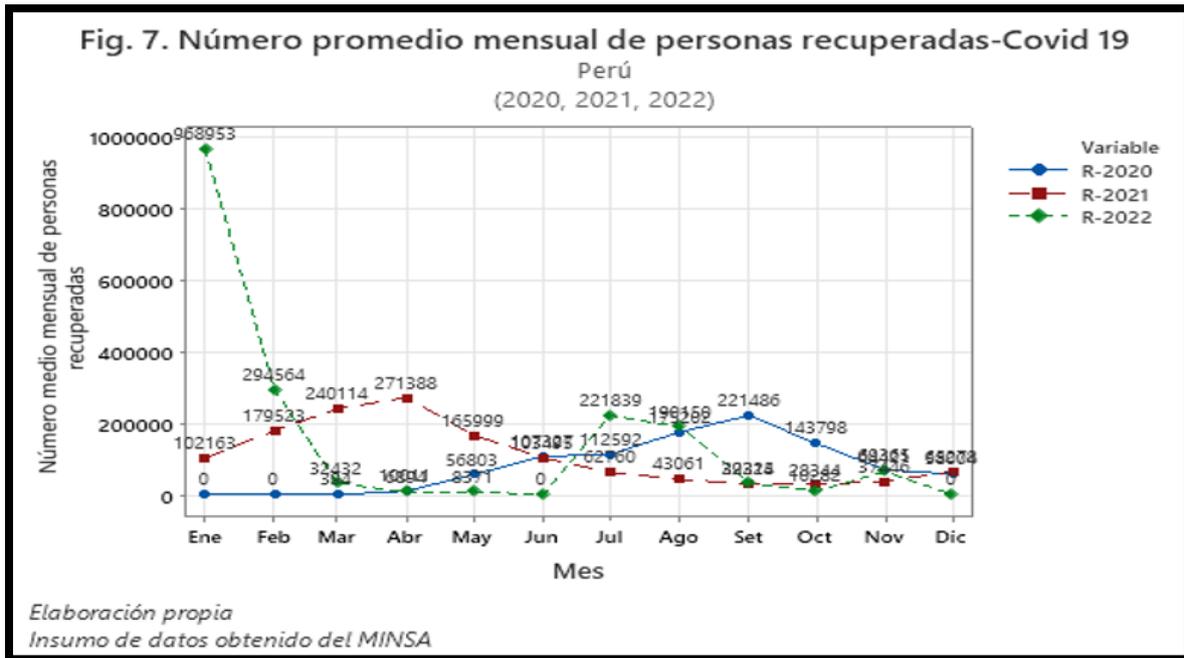
En las Figuras 5, 6, 7 y 8 que se muestran a continuación, se ilustra una comparación anual (años 2020, 2021 y 2022) entre las características bajo estudio.



donde P representa la tasa de positividad promedio mensual. En el año 2020, la positividad promedio mensual, en general, fue mayor a la de los años 2021 y 2022. En este último año, la positividad media mensual tiene un descenso gradual, entre los meses de abril y octubre, para tener un ligero incremento en el mes de noviembre.

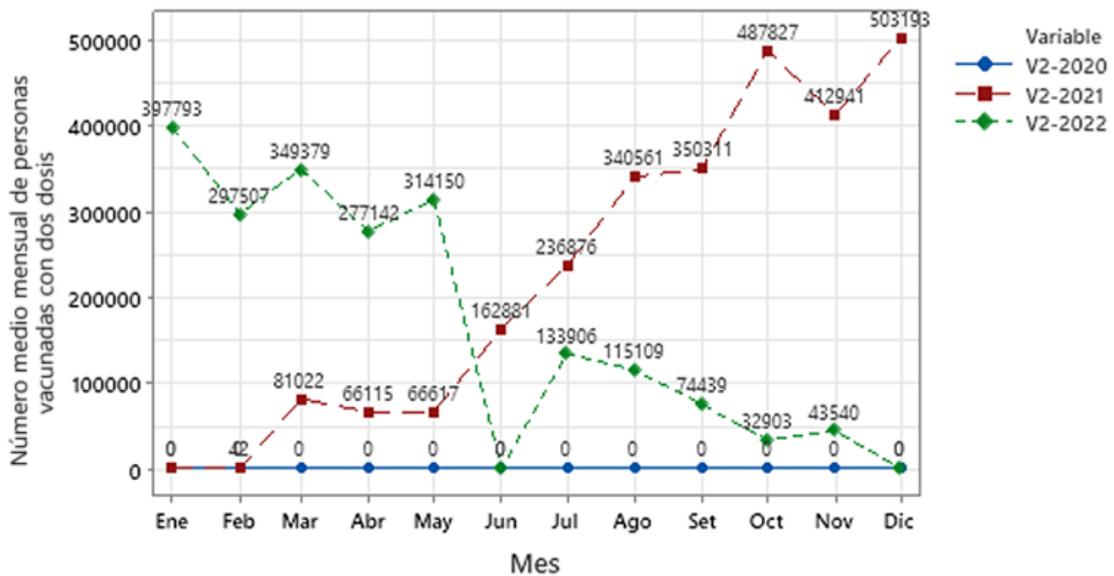


donde L representa la tasa de letalidad promedio mensual. Junio fue el mes donde se produjo la mayor cantidad de fallecidos y correspondió al año 202 donde, de cada 100 infectados, fallecieron, aproximadamente, 10. En esta figura (Fig. 6), la tasa de letalidad media mensual comienza a descender a partir del mes de setiembre de 2022.



donde R significa el número promedio mensual de personas recuperadas. Fue semejante el número medio mensual de personas recuperadas en el mes de noviembre de los años 2020 (69,365) y 2022 (64,421).

Fig. 8. Número promedio mensual de personas vacunadas con dos dosis
Covid 19-Perú
(2020, 2021, 2022)



Elaboración propia
Insumo de datos obtenido del MINSA

donde: V_2 significa el número promedio mensual de personas vacunadas con dos dosis. En el año 2021 se produjo la mayor cantidad de personas vacunadas con dos dosis, a partir del mes de junio, comparado con el mismo período del año 2022. En el año 2020 se tiene 0 personas vacunadas como promedio de cada mes, porque el proceso de vacunación se inicia en febrero de 2021, donde existe una tendencia ascendente en el número medio mensual de personas vacunadas con dos dosis. En el año 2022, se observa una disminución mensual del número medio de personas vacunadas con dos dosis, en el período julio - octubre.

Utilización de las medias móviles:

Obtengamos la media móvil para $p = 3$:

$$X_t^* = \frac{1}{2p+1} \sum_{j=-p}^p X_{t+j} = \frac{1}{2(3)+1} \sum_{j=-3}^3 X_{t+j} = \frac{1}{7} \sum_{j=-3}^3 X_{t+j}$$

$$= \frac{X_{t-3} + X_{t-2} + X_{t-1} + X_t + X_{t+1} + X_{t+2} + X_{t+3}}{7}$$

Ilustremos el cálculo de las medias móviles, X_t^* , considerando los siguientes datos correspondientes al porcentaje promedio diario de positividad por coronavirus, por mes, en el Perú, entre mayo de 2020 y febrero de 2021. (Cada dato original de la serie, X_t , se obtiene promediando el porcentaje diario de positividad en el mes correspondiente). Las medias móviles centradas simples de 7 meses se localizan en la siguiente tabla (junto con los datos originales, los cuales se han obtenido, utilizando la información oficial del MINSA en sus comunicados respectivos, entre el 01 de mayo de 2020 y el 28 de febrero de 2021):

Mes-Año	t	X_t	X_t^*
Mayo-2020	1	17.9	-
Junio-2020	2	19.8	-
Julio-2020	3	19.3	-
Agosto-2020	4	27.6	19.2
Setiembre-2020	5	24.2	18.3
Octubre-2020	6	14.8	17.7
Noviembre-2020	7	11.0	17.1
Diciembre-2020	8	11.5	-
Enero-2021	9	15.3	-
Febrero-2021	10	15.4	-

En esta tabla, para el mes de octubre de 2020, la media móvil 17.7, ha sido obtenida del siguiente modo:

$$X_6^* = \frac{X_{6-3} + X_{6-2} + X_{6-1} + X_6 + X_{6+1} + X_{6+2} + X_{6+3}}{7}$$

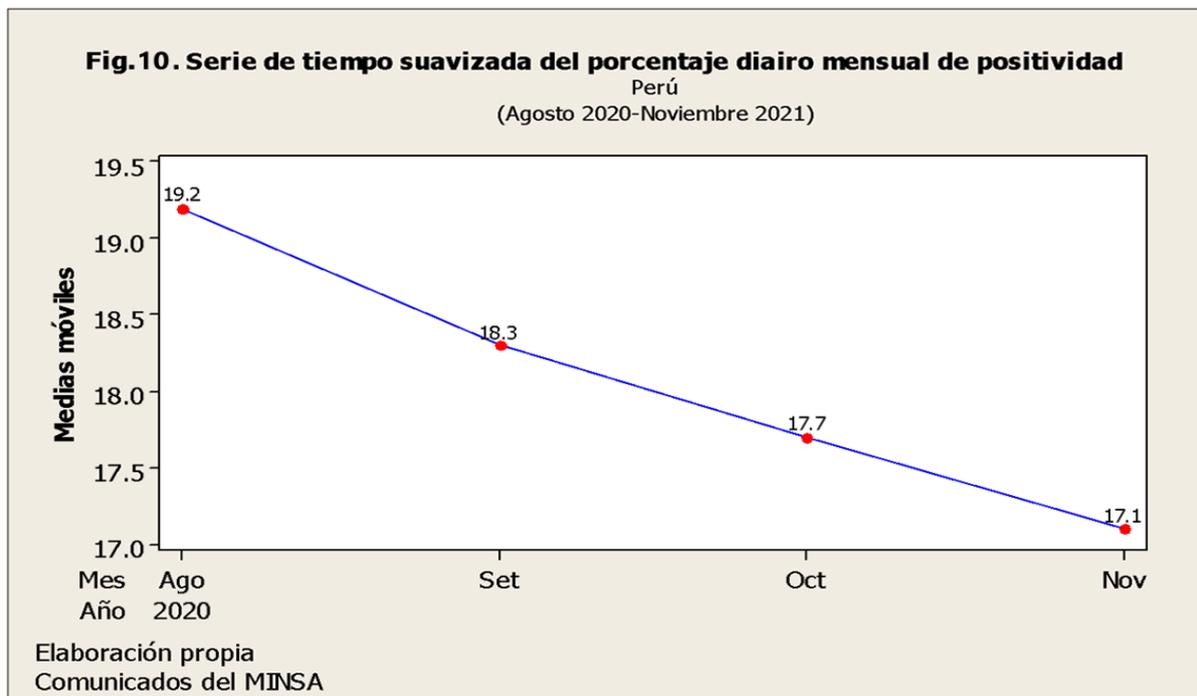
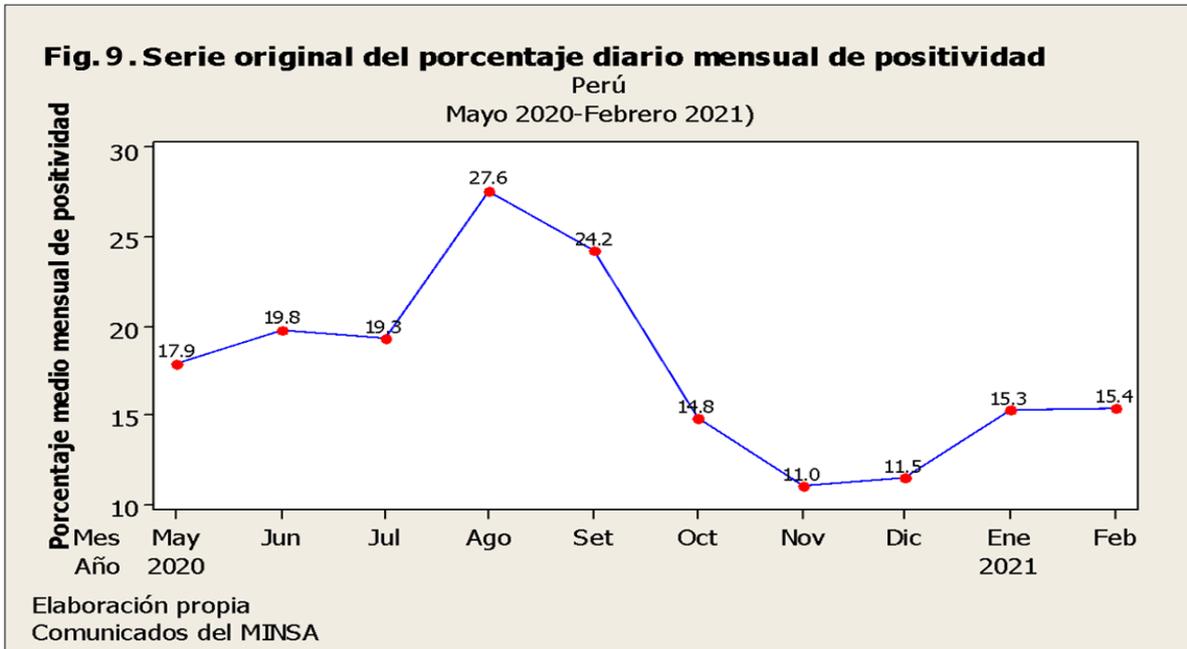
$$= \frac{X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9}{7}$$

$$= \frac{19.3 + 27.6 + 24.2 + 14.8 + 11.0 + 11.5 + 15.3}{7} = 17.7$$

Notemos que se han perdido $p = 3$ datos en cada extremo de la serie original (señalados con “-“). Los períodos de inicio y término en las series original y suavizada se aprecian en la siguiente tabla:

Serie	Inicio	Término
Original	Mayo-2020	Febrero-2021
Suavizada	Agosto-2020	Noviembre-2020

Enseguida se presenta la representación gráfica de ambas series de tiempo (original y suavizada). Se observa en la serie original de que existe cierta irregularidad en los datos, mientras que en la serie suavizada se puede notar cierta tendencia a la baja de dichos datos. Si bien es cierto en la serie original también se observa una disminución de los datos entre agosto y noviembre de 2020, en la serie suavizada, la tendencia a la baja es un tanto más homogénea.



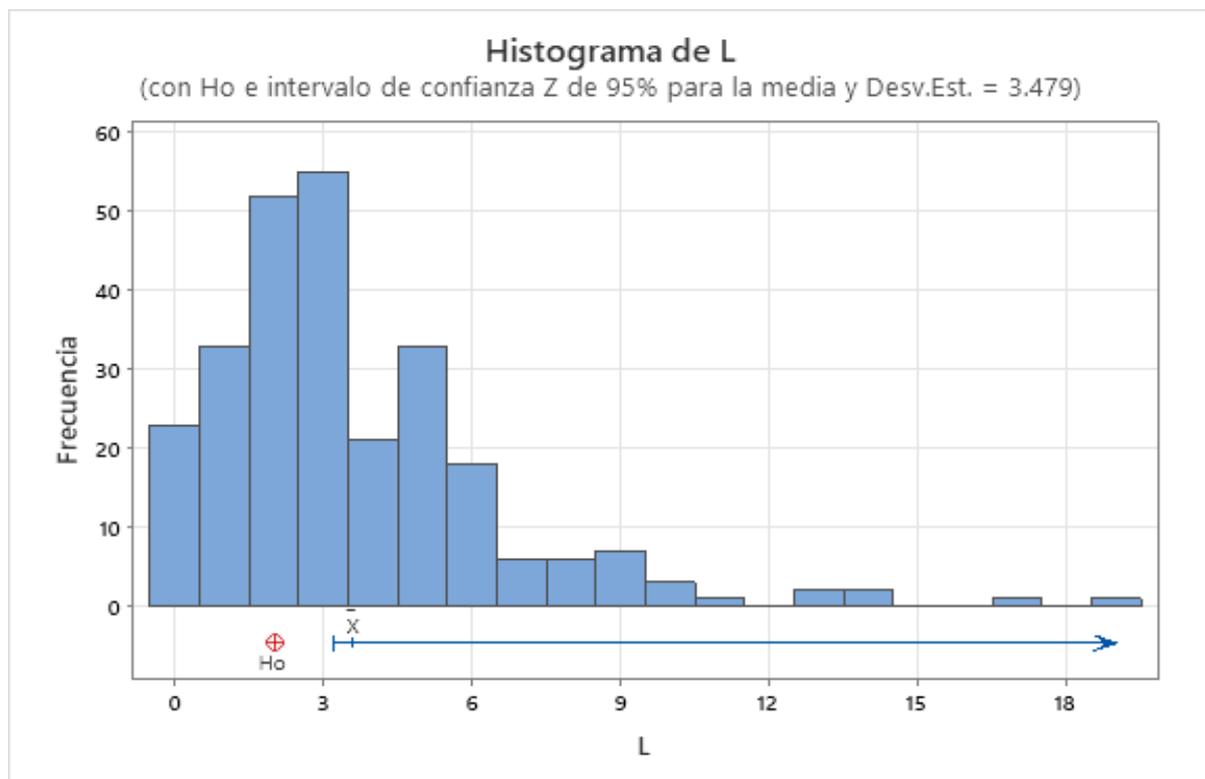
Prueba de Hipótesis sobre la Tasa de Letalidad en Perú

Según un informe de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) de 2020, se reporta que casi el 2% de las personas que han contraído COVID-19 han muerto. Con el fin de evaluar si la tasa de letalidad en el Perú se ajusta a este valor, se llevó a cabo una prueba de hipótesis utilizando datos de tasas de letalidad diarias reportadas por el Ministerio de Salud (MINSA) del Perú.

La hipótesis nula establecida fue que la tasa de letalidad media es igual al 2%, mientras que la hipótesis alternativa postulaba que la tasa de letalidad media es mayor al 2%. Para ello, se seleccionó una muestra aleatoria de 264 días, correspondiente a 264 tasas de letalidad diarias, con el objetivo de evaluar la validez de la hipótesis.

El análisis estadístico fue realizado con la ayuda del programa MINITAB, y los resultados obtenidos indicaron un valor p de 0,000, lo cual es altamente significativo. Este valor sugiere que la tasa de letalidad diaria en el Perú es mayor que el 2%. Por tanto, los resultados de la prueba de hipótesis apoyan la afirmación de que, por cada 100 personas infectadas con COVID-19 en el Perú, más de 2 mueren.

Figura 11



En la Figura 11 se aprecia una distribución, aproximadamente normal, de la tasa de letalidad diaria (L), supuesto que ha sido utilizado al momento de realizar la prueba de hipótesis.

Análisis de regresión: y vs. x

donde “ y ” representa la tasa media de positividad mensual y “ x ” es el período de tiempo. En este caso ($x=1$: agosto de 2020, ..., $x=4$: noviembre de 2020). Como puede observarse en la salida de MINITAB, el tiempo (x) influye significativamente en la tasa media de positividad mensual (Valor P = 0.006 < 0.01). Asimismo, que el 98.32% de la variabilidad en la tasa mensual media de positividad ha sido explicada por el tiempo (en este caso, los meses).

La ecuación de regresión

$$y = 19.80 - 0.6900 x$$

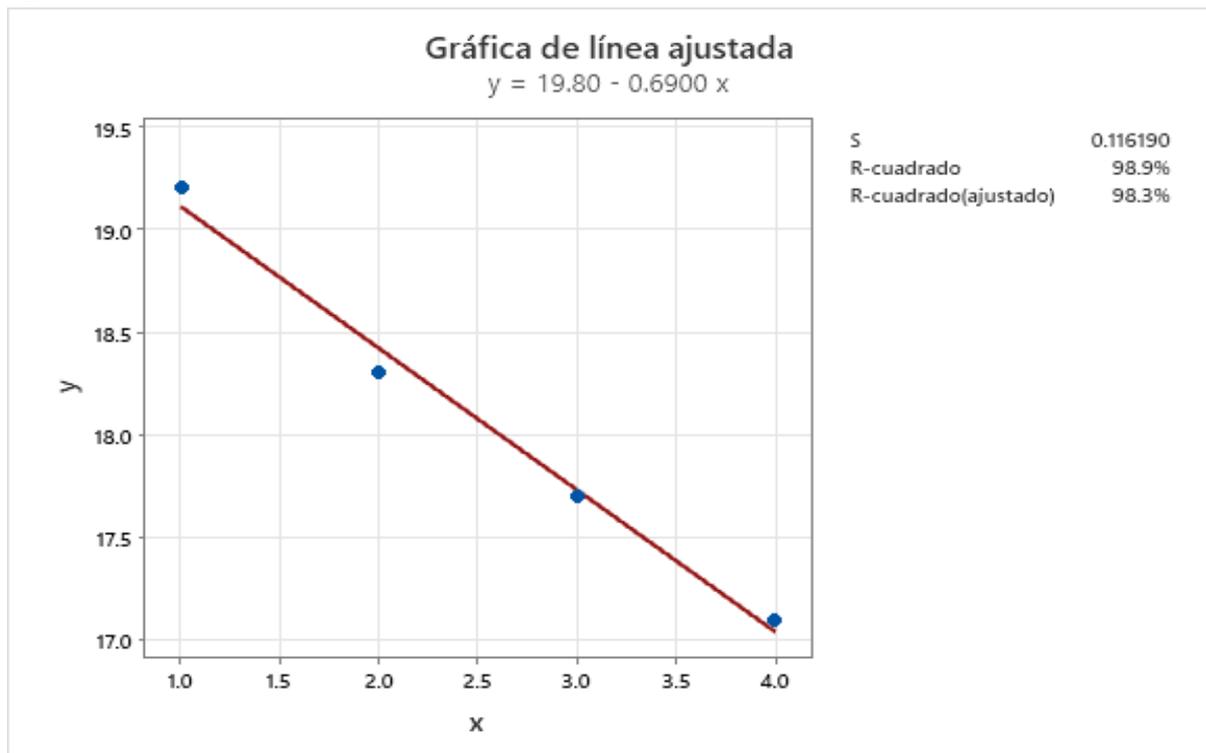
Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)
0.116190	98.88%	98.32%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	2.3805	2.3805	176.33	0.006
Error	2	0.0270	0.0135		
Total	3	2.4075			

Figura 12



4. Discusión

Como se puede apreciar en la Figura 1, tanto la positividad como la letalidad tienen un patrón de comportamiento irregular, no pudiéndose determinar, claramente, la existencia de tendencia, de estacionalidad y de ciclos, como fuentes de variabilidad, lo que no permite hacer proyecciones fáciles. Este patrón de comportamiento irregular parece muy impredecible a partir de los datos recolectados disponibles. Con la finalidad de viabilizar algunas proyecciones, a modo de ilustración, se consideró la serie original con la tasa media de positividad mensual entre mayo de 2020 y febrero de 2021 (ver Figura 9), a partir de cuyos datos se construyó la serie suavizada entre los meses de agosto y noviembre de 2020 (ver Figura 10). Al proyectar, por ejemplo, la tasa de positividad media para enero de 2021, utilizando la serie suavizada, se obtiene el 15.66% como estimación de la positividad, frente a un 15.35% que constituye el valor real de la tasa media de positividad para dicho mes. Se realizó el análisis de varianza correspondiente, utilizando los datos suavizados, y las salidas de MINITAB fueron:

En la Figura 2 aparece el diagrama de dispersión de la Letalidad contra la Positividad, acompañado del Coeficiente de Correlación Producto Momento de Pearson, el cual toma el valor $r = -0.318$, indicando que, si bien existe una correlación baja entre ambas características, ella es negativa; es decir, a mayor (menor) positividad, menor (mayor) letalidad, lo cual contradice al entendimiento natural, de que a mayor (menor) positividad, mayor (menor) letalidad. A nivel mundial, la OMS informó que, a finales de abril de 2020, habían más de 2.5 millones de casos confirmados en más de 210 países, áreas y territorios, y cerca de 200,000 personas fallecidas. “Estas cifras oficiales despertaron muchas dudas y críticas por parte de ciudadanos, periodistas y científicos independientes, que fuimos silenciados, atacados y ridiculizados por la “verdad oficial”” (Martín, 2021, p. 15). Debido a esto, posiblemente, se explique la aparente relación negativa entre letalidad y positividad.

Con respecto al Número mensual de pacientes recuperados de la Covid-19 en el Perú, en el período marzo 2020-octubre 2022 (fig. 3), tampoco se observa, con claridad, alguna tendencia, salvo el aumento de personas recuperadas (de alta) que se produce en un período corto de 4 meses (el período de recolección de datos correspondió a 33 meses), de octubre de 2021 (28,344) a enero de 2022 (968,953), lo cual puede deberse al entusiasmo inicial de las personas por vacunarse. En este período de 4 meses, el número de personas vacunadas con dos dosis (1801754) representa un 63.79% más que el número de personas recuperadas (1,100,021).

En la Figura 4, acerca del Número mensual de pacientes vacunados con dos dosis para la Covid-19 en el Perú (marzo 2020-noviembre 2022), se aprecia que este número va disminuyendo, en general, a partir del mes de enero del 2022. Esto puede deberse, quizás, al poco interés por vacunarse por parte de algunas personas, a la luz de la disminución de los casos confirmados. No obstante, en el período mayo 2021-agosto 2021, existe una relación inversa y muy alta ($r=-0.98$) entre la positividad y el número de personas vacunadas con dos dosis, lo cual indica que en este período de tiempo, a medida que iba aumentando el número de personas vacunadas con dos dosis, la positividad iba disminuyendo, tal como pueden corroborarlo los siguiente datos (extraídos de las Tablas 1 y 2):

Período de tiempo	Positividad (%)	Número de personas vacunadas con dos dosis
Mayo-2021	9.503	66617
Junio-2021	7.261	162881
Julio-2021	4.193	236876
Agosto-2021	3.050	340561

En lo que atañe a la relación entre el número de personas vacunadas con dos dosis y el número de personas fallecidas, el resultado de $r=0.71$ no concuerda con el hecho de que, al aumentar (disminuir) el número de personas vacunadas debería disminuir (aumentar) el número de personas fallecidas. Probablemente, esto se deba a que la información proporcionada por el MINSA no se ajuste, quizás, a la realidad. Al respecto, es necesario señalar que “... Por fuera de los datos oficiales, tendrían que asumir también que un buen bolsón de gente estaba muriendo en sus casas, y no en un hospital ni con historia clínica. Más aún, debían añadir a todo lo anterior un porcentaje de fallecidos no reportados y enterrados clandestinamente en alguno de los cientos de cementerios informales del país... Por si fuera poco, la información que leían se validaba y actualizaba en los sistemas varios días después” (Jochamowitz, León, 2021, p. 138). Una situación similar se da para la relación entre la positividad y la letalidad mensuales ($r=-0.318$, como puede apreciarse en la Figura 2). Sobre esto, es importante indicar, asimismo, que ... Los datos del IHME[5] parecen indicar también que el éxito de un país en la lucha contra la COVID-19 guarda cierta correlación con el porcentaje de personas que confían en el gobierno (Gates, 2022, p. 27).

5. Conclusiones

- El promedio mensual de la positividad fue de 10.79%, el promedio mensual de la letalidad fue igual a 3.75%. Se recuperaron, un promedio de 128562 personas al mes y se vacunaron, en promedio mensual, 237211 personas.
- La tasa mensual de letalidad fue más homogénea que la de la positividad ($56\% < 67\%$).
- El número mensual de personas vacunadas con dos dosis fue más homogéneo que el número mensual de personas recuperadas ($66\% < 134\%$).
- La tasa de letalidad media por día en el Perú es mayor que el 2% (Valor $P = 0$).
- Al utilizar la serie suavizada de la tasa media de positividad mensual para el período agosto-noviembre 2020, el tiempo (meses) influyó muy significativamente sobre la tasa de positividad media mensual ($P < 0.01$).

6. Referencias

- Aliaga, O. (2021). Virus. Historias de la pandemia en el norte del Perú. Ed. Infolectura. Trujillo, Perú.
- El Peruano (2021). Perú inicia plan de vacunación contra covid-19. Disponible en <https://elperuano.pe/noticia/114960-peru-inicia-plan-de-vacunacion-contra-covid-19>. Consultado el 11 de diciembre de 2021.
- El Peruano (2021). Perú superó el 70% de la población objetivo vacunada con dos dosis. Disponible en <https://elperuano.pe/noticia/135200-peru-supero-el-70-de-la-poblacion-objetivo-vacunada-con-dos-dosis>. Consultado el 12 de diciembre de 2021.
- Finley, M. (2020). Esperanza para un mundo en crisis. Certeza para una vida mejor. Ed. Unión. Universidad Peruana Unión.
- Gates, B. (2022). Cómo evitar la próxima pandemia. Penguin Random House Grupo Editorial, S. A. U. Barcelona.
- Jochamowitz, L.; León, R. (2021). Días contados. Lucha, derrota y resistencia del Perú en pandemia. Ed. Planeta. Lima-Perú.
- La República (2021). Así avanza la vacunación contra la COVID-19 en Perú. Disponible en <https://data.larepublica.pe/avance-vacunacion-covid-19-peru/>. Consultado el 12 de diciembre de 2021.
- Martín, C. (2021). La verdad de la pandemia. Quién ha sido y por qué. Ed. Jack Sparrow. Lima.
- Martínez, C. (2005). Estadística y Muestreo. Décimo segunda edición. ECOE EDICIONES. Bogotá.
- Ministerio de Salud. Minsa (2021). Casos confirmados por coronavirus COVID-19 ascienden a 1196778 en el Perú (Comunicados N° 419 y otros). Disponible en <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/341728-minsa-casos-confirmados-por-coronavirus-covid-19-ascienden-a-1-196-778-en-el-peru-comunicado-n-420>. Consultado el 11 de diciembre de 2021.
- Molinelli, F. (2021). Perú en Pandemia. Historias de heroísmo contadas desde la primera línea de lucha contra el coronavirus. Ed. Planeta Perú S. A. Lima, Perú.
- Morrison, T. (2020). Wuhan. Una guía racional y concisa del brote del 2020. Coronavirus. Midnight Grasshopper Books. Estados Unidos de América.
- OPS (2020). ¿Qué es el coronavirus? Disponible en <https://argentina.campusvirtualsp.org/preguntas-y-respuestas-sobre-la-enfermedad-por-coronavirus-covid-19>. Consultado el 11 de mayo de 2023.
- Organización Mundial de la Salud (2020). La OMS caracteriza a COVID-19 como una pandemia. Disponible en <https://www.paho.org/es/noticias/11-3-2020-oms-caracteriza-covid-19-como-pandemia>. Consultado el 11 de diciembre de 2021.

- Real Academia Nacional de Medicina de España. Unidad de Terminología Médica (2023). <https://www.ranm.es/terminolog%C3%ADa-m%C3%A9dica/recomendaciones-de-la-ranm/4599-tasa-de-mortalidad-y-tasa-de-letalidad-diferencia.html>. Consultado el 7 de abril de 2023.
- Triola, M. (2000). Estadística Elemental. Séptima edición. Pearson Educación. México.
- Vara, A. (2021). Covid-19 y Sociedad. Impactos, tendencias y desafíos para una nueva normalidad. Fondo Editorial USMP. Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Lima-Perú.
- Waldrop, T. (2020). Tasa de Positividad del Coronavirus: qué es? <https://cnnespanol.cnn.com/2020/07/08/tasa-de-positividad-del-coronavirus-que-es-y-que-significa/>. Consultado el 7 de abril de 2023.

ANEXO:

Base de datos-CORONAVIRUS (MINSA-COVID 19).
(Archivo en Excel: IFI 2022-Base de datos-Covid 19).