



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

“ANÁLISIS JERÁRQUICO  
AGLOMERATIVO DE LA PROGRESIÓN  
DE LA PANDEMIA DE COVID-19 EN EL  
PERÚ ENTRE MARZO 2020 A MAYO  
2023”

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAESTRA EN CONTROL DE  
ENFERMEDADES INFECCIOSAS Y  
TROPICALES

KASANDRA LIZZETH ASCUÑA DURAND

LIMA – PERÚ

2024



**ASESOR**

PhD. Gabriel Carrasco Escobar

**CO ASESORA**

PhD. Coralith Marlinda García Apac

**JURADO DE TESIS**

MG. ERNESTO EUGENIO GOZZER INFANTE

PRESIDENTE

MG. CECILIA MONTES JAVE

VOCAL

MG. FIORELLA DEL CARMEN KRAPP LOPEZ

SECRETARIA

## **DEDICATORIA**

Para María, Almendra y Jean.

## **AGRADECIMIENTOS**

Diego César Villa Almeyda, Bach.

Laboratorio de Innovación en Salud,

Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Peru

Renzo Sadath Salazar Sánchez, MSc, PhD(c).

Laboratorio de Investigación en Enfermedades Zoonóticas,

Universidad Peruana Cayetano Heredia, sede Arequipa, Peru.

Paloma Mariana Cárcamo García, MD

Laboratorio de Innovación en Salud

Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Peru

Laboratory of Epidemiology and Public Health

Yale School of Public Health

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

Tesis autofinanciada

# ANÁLISIS JERÁRQUICO AGLOMERATIVO DE LA PROGRESIÓN DE LA PANDEMIA DE COVID-19 EN EL PERÚ ENTRE MARZO 2020 A MAYO 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

|          |   |               |
|----------|---|---------------|
| <b>1</b> | <b>portal.indeci.gob.pe</b><br>Fuente de Internet         | <b>1%</b>     |
| <b>2</b> | <b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b><br>Fuente de Internet | <b>1%</b>     |
| <b>3</b> | <b>www.coursehero.com</b><br>Fuente de Internet           | <b>1%</b>     |
| <b>4</b> | <b>vdocuments.site</b><br>Fuente de Internet              | <b>1%</b>     |
| <b>5</b> | <b>repositorio.upch.edu.pe</b><br>Fuente de Internet      | <b>&lt;1%</b> |
| <b>6</b> | <b>www.scribd.com</b><br>Fuente de Internet               | <b>&lt;1%</b> |
| <b>7</b> | <b>pesquisa.bvsalud.org</b><br>Fuente de Internet         | <b>&lt;1%</b> |
| <b>8</b> | <b>m.spanish.china.org.cn</b><br>Fuente de Internet       | <b>&lt;1%</b> |

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN  
ABSTRACT

|         |   |    |
|---------|---|----|
| I.      | INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| II.     | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                                  | 2  |
| III.    | OBJETIVOS .....   | 3  |
| III.1   | OBJETIVO GENERAL .....  | 3  |
| III.2   | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                       | 3  |
| IV.     | MÉTODOS .....   | 4  |
| IV.1    | POBLACIÓN Y ZONA DE ESTUDIO .....                                 | 4  |
| IV.2    | DISEÑO DE ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LOS CONJUNTOS DE DATOS .....     | 4  |
| IV.3    | LIMPIEZA DE LOS CONJUNTOS DE DATOS .....                          | 5  |
| IV.3.1  | INDICADORES EPIDEMIOLÓGICOS CONSIDERADOS PARA LA AGRUPACIÓN ..... | 5  |
| IV.3.2. | INDICADORES SOCIOECONÓMICOS PARA EXPLICAR LA AGRUPACIÓN .....     | 6  |
| IV.4    | ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE VARIABLES EPIDEMIOLÓGICAS .....         | 7  |
| IV.5    | AGRUPACIÓN .....  | 9  |
| IV.6    | ELECCIÓN DE LAS AGRUPACIONES .....                                | 11 |
| IV.7    | CONSIDERACIONES ÉTICAS .....                                      | 12 |
| V.      | RESULTADOS .....  | 12 |
| V.1     | ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE VARIABLES EPIDEMIOLÓGICAS .....         | 12 |
| V.2     | ANÁLISIS DE LAS AGRUPACIONES .....                                | 22 |
| VI.     | DISCUSIÓN .....   | 45 |
| VII.    | CONCLUSIONES .....  | 53 |
| VIII.   | RECOMENDACIONES .....   | 54 |
| IX.     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                  | 56 |

## **RESUMEN**

La pandemia de COVID-19 se propagó rápidamente en todo el mundo, y hasta el 14 de agosto del 2022, Perú lideraba la lista de países con la tasa de mortalidad más alta a nivel mundial. La estructura social y económica fragmentada de Perú nos llevó a considerar que existen factores que influyeron en la presencia de diferentes patrones en la propagación del virus. Hasta la fecha, no se han realizado investigaciones a nivel espacial que analicen diversos indicadores epidemiológicos abarcando la totalidad del periodo de la pandemia en el país. Para entender esta dinámica, se analizaron indicadores epidemiológicos y sociodemográficos a nivel departamental y provincial. En el periodo de estudio, la incidencia acumulada de casos fue de 13933.84 casos por cada 100,000 habitantes y la tasa de mortalidad de 7.50 fallecidos por cada 1000 habitantes. El departamento más afectado fue Moquegua, con 35302.49 casos por cada 100,000 habitantes, y Callao, con 11 fallecidos por cada 1000 mil habitantes, mientras que el menos afectado fue Puno con 6362.68 casos por cada 100,000 habitantes y Cajamarca con 3.45 fallecidos por cada 1000 habitantes. Se realizó una agrupación jerárquica aglomerativa en base a indicadores epidemiológicos y se demostró que la propagación de la pandemia en el Perú no fue uniforme en todas las regiones, categorizándola en 5 agrupaciones. Se identificó un patrón geográfico en la zona de la sierra central correspondiente a las agrupaciones 1 y 2, que está asociado con la aparición de epidemias de menor gravedad caracterizadas por tener baja densidad poblacional y limitadas condiciones socioeconómicas, características de zonas rurales. En un punto intermedio encontramos la agrupación 3, con la tasa de hospitalización más baja y características intermedias en comparación con las otras agrupaciones. Por

contraste, las agrupaciones 4 y 5 tuvieron impactos más graves caracterizados por tener un mayor número de capitales de departamentos, además de tener condiciones de zonas más urbanas como alta densidad poblacional y condiciones socioeconómicas que implicaban salir de casa incrementando la posibilidad de contagiarse y propagar el virus. Dichas características y agrupaciones deberían ser consideradas dentro de las estrategias para la prevención y el control de futuras pandemias de COVID-19 u otras enfermedades respiratorias para países con una dinámica similar a la de Perú como muchos países de América Latina.

**PALABRAS CLAVE:**

COVID-19, agrupaciones, incidencia acumulada, tasa de mortalidad, Perú

## **ABSTRACT**

The COVID-19 pandemic spread rapidly worldwide, and until August 14, 2022, Peru led the list of countries with the highest mortality rate worldwide. Peru's fragmented social and economic structure led to considering factors that influenced different patterns in spreading the virus. To date, no spatial research has been carried out that analyzes various epidemiological indicators covering the entire period of the pandemic in the country. To understand the dynamic, epidemiological, and sociodemographic indicators were analyzed at the departmental and provincial levels. In the study period, the accumulated incidence was 13933.84 cases per 100,000 inhabitants, and the mortality rate was 7.50 deaths per 1000 inhabitants. The most affected department was Moquegua, with 35302.49 cases per 100,000 inhabitants, and Callao, with 11 deaths per 1000 inhabitants, while the least affected was Puno with 6362.68 cases per 100,000 inhabitants, and Cajamarca with 3.45 deaths per 1000 inhabitants. An agglomerative hierarchical clustering was carried out based on epidemiological indicators, and it was shown that the spread of the pandemic in Peru was not uniform in all regions, being categorized into five clusters. A geographic pattern was identified in the central mountain area corresponding to cluster 1 and 2, associated with less severe epidemics characterized by low population density and limited socioeconomic conditions characteristic of rural areas. We found cluster 3 at an intermediate point, with the lowest hospitalization rate and intermediate characteristics compared to other groups. In contrast, clusters 4 and 5 had more serious impacts characterized by having a more significant number of department capitals and conditions in more urban areas, such as high population density and socioeconomic conditions that

implied leaving home, increasing the possibility of becoming infected and spreading the virus. These characteristics and groupings should be considered within the strategies for preventing and controlling future COVID-19 pandemics or other respiratory diseases in countries with dynamics like those of Peru, such as many countries in Latin America.

**KEYWORDS:**

COVID-19, clusters, cumulative incidence, mortality rate, Peru

## **I. INTRODUCCIÓN**

La pandemia de COVID-19 empezó en Wuhan, China, con el reporte de casos de neumonía por Organización Mundial de la Salud (OMS) el 31 de diciembre del 2019<sup>1</sup>. Este virus se propagó rápidamente entre los continentes, y la OMS declaró en Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional en enero 2020, presentando desafíos para la salud pública y para los gobiernos, requiriendo una respuesta internacional coordinada<sup>1</sup>. En mayo 2020, Latino América fue declarada el epicentro de la pandemia<sup>2</sup>, reportando en marzo 2022 el 15% de los casos y el 28% de los fallecimientos a nivel mundial<sup>3</sup>. De acuerdo a la información publicada, Perú reportó el primer caso el 06 de marzo del 2020<sup>4</sup>, y el 16 de marzo del mismo año el gobierno declaró el país en estado de emergencia sanitaria, tomando medidas como el cierre de fronteras e inmovilización de la población. A pesar de estas medidas, 13 días después del primer caso reportado, se registró la primera muerte<sup>5,6</sup>. Luego de eso, la propagación en el país se disparó, siendo uno de los países más afectados por la pandemia<sup>5</sup>.

Perú tiene un sistema de salud frágil, debido a la ineffectividad en la atención y el colapsado del mismo, con notorias desigualdades socioeconómicas que se vieron reflejadas en la pandemia con la ausencia del soporte del gobierno y una deficiente preparación que facilitó la propagación de esta enfermedad<sup>3</sup>. Su sistema de salud fragmentado y su ineficiente gestión de recursos produce servicios ineficaces que no responden a las necesidades de la población, presentando deficiencias en la calidad de atención<sup>7</sup>. Por otro lado, la cantidad de profesionales de la salud está por debajo del estándar internacional establecido por la OMS y distribuidos de manera desigual e inequitativa<sup>7</sup>. No obstante, una de las estrategias del Ministerio de Salud

del Perú durante la pandemia fue el retiro de profesionales de salud mayores de 60 años y con alguna comorbilidad asociada a COVID-19, retirando así al 35% del personal de salud, una disminución notable para nuestro sistema<sup>8</sup>.

En este contexto, el análisis de diversos indicadores epidemiológicos con la ayuda de herramientas espaciales es esencial para clasificar y describir diferentes agrupaciones, lo que a su vez facilita la investigación de posibles factores que contribuyen a la propagación de enfermedades<sup>9</sup>. La distribución de las enfermedades infecciosas suele estar influenciada por factores sociales relacionados principalmente con la ubicación, la vulnerabilidad socioeconómica y el crecimiento poblacional, lo que resulta en variaciones geográficas y temporales en las infecciones por COVID-19. Diversos estudios han demostrado que conocer la distribución de casos y muertes, junto con las características sociodemográficas brindan un panorama más claro de cómo tomar acciones sobre la distribución de recursos y esfuerzos para una futura pandemia<sup>5,10-12</sup>. Sin embargo, poco ha sido explorado en términos espaciales y temporales en nuestro país. En este contexto, este estudio buscó comprender el impacto de la pandemia mediante el análisis de la incidencia acumulada de casos y la tasa de mortalidad mostrando el flujo de casos y muertes a lo largo del tiempo, así como mostrar la progresión de la pandemia de COVID-19 mediante la identificación y caracterización de agrupaciones, permitiéndonos determinar factores asociados.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Estudios previos en Brasil, China y Malaysia<sup>2,13,14</sup> muestran que analizar la información reportada de casos y fallecimientos, junto con la exploración de patrones espaciotemporales y agrupaciones para conocer la evolución de COVID-

19 proporciona no sólo información retrospectiva sobre la enfermedad, sino respaldo científico para generar una alerta temprana de brotes, y así finalmente lograr la asignación y priorización de recursos médicos orientados a la realidad de cada departamento y provincia. No obstante, la compleja dinámica de la transmisión de esta enfermedad y la poca preparación de nuestro país, requiere un análisis más profundo sobre su realidad. Perú, como muchos otros países, tuvo pérdidas humanas masivas, establecimientos que no cumplían con las condiciones sanitarias y políticas que no ayudaron a controlar adecuadamente la pandemia, teniendo así uno de los peores escenarios. El propósito del estudio fue analizar la pandemia en el Perú y explicar su progresión formando agrupaciones de las provincias en base a diferentes indicadores que una vez identificados podrían ser utilizados para direccionar mejor los esfuerzos a nivel local o en países o ciudades con similares características.

### **III. OBJETIVOS**

#### **III.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la progresión de la pandemia de COVID-19 en el Perú mediante el análisis jerárquico aglomerativo de marzo 2020 a mayo 2023.

#### **III.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar la incidencia acumulada de casos y la tasa de mortalidad de COVID-19 en los diferentes departamentos del Perú.
- Agrupar y caracterizar las epidemias de COVID-19 a nivel departamental y provincial en el Perú.

## **IV. MÉTODOS**

### **IV.1 POBLACIÓN Y ZONA DE ESTUDIO**

El Perú está localizado en la Costa del Pacífico de América del Sur, limita con Colombia y Ecuador al norte, Bolivia y Brasil al este y Chile al sur<sup>15</sup>.

De acuerdo con la información proporcionada en el censo del 2017 estimada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la población del Perú fue de 31,237,385 habitantes, y de acuerdo con las proyecciones para el año 2023 es de 33,833,230 habitantes<sup>16</sup>. Perú tiene un área total de 1,285,216 km<sup>2</sup>, con 24 departamentos, 195 provincias, una provincia constitucional, y 1845 distritos.

### **IV.2 DISEÑO DE ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LOS CONJUNTOS DE DATOS**

La presente investigación es de tipo observacional, descriptivo y retrospectivo. Se utilizaron seis conjuntos de datos de acceso público del 01 de marzo 2020 al 31 mayo del 2023 publicados por el Ministerio de Salud del Perú en la Plataforma Nacional de Datos Abiertos<sup>17</sup> con los siguientes nombres: “Casos positivos por COVID-19 - [Ministerio de Salud - MINSAL]” que en este estudio llamaremos “casos confirmados”; “Fallecidos por COVID-19 - [Ministerio de Salud - MINSAL]” que llamaremos “fallecidos”; “Hospitalizados, vacunados y fallecidos por COVID-19” que llamaremos “hospitalizados”; “Vacunación ” que llamaremos “dosis de vacuna COVID-19 administradas”; “Códigos equivalentes de UBIGEO del Perú” que llamaremos “ubigeo” y “Tabla General de Personas” que llamaremos “personas”.

Adicionalmente, para poder caracterizar las agrupaciones se seleccionaron cuatro conjuntos de datos socioeconómicos, tales como “Pobreza monetaria”<sup>18</sup>, “Perú: Mapa de Necesidades Básicas Insatisfechas” la cual llamaremos “Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)”<sup>19</sup>, “Índice de Desarrollo Humano (IDH)”<sup>20</sup> y “Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas”, la cual llamaremos “Censo del 2017”<sup>21</sup>.

### **IV.3 LIMPIEZA DE LOS CONJUNTOS DE DATOS**

#### **IV.3.1 INDICADORES EPIDEMIOLÓGICOS CONSIDERADOS PARA LA AGRUPACIÓN**

Se limpió cuidadosamente los conjuntos de datos de casos confirmados, fallecidos, hospitalizados y dosis de vacuna COVID-19 administradas. Como criterio general, se consideraron:

- Registros con fecha de diagnóstico, fallecimiento, hospitalización o dosis de vacuna COVID-19 administradas desde marzo 2020 a mayo 2023.
- Registros dentro del rango de edad entre 0 y 123 años.
- Se estandarizaron los nombres de los departamentos y provincias, y se correlacionaron con sus respectivos códigos de ubigeo.

Se consideraron algunos criterios adicionales para la limpieza de cada conjunto de datos, los cuáles van a ser detallados a continuación. Para evitar la duplicidad de los registros en el conjunto de datos de los casos COVID-19, se estableció que un mismo paciente puede ser considerado como un nuevo registro si su nueva infección es mayor a seis meses desde su anterior registro<sup>22</sup>, excluyéndose el 9.63%

de los registros. En el conjunto de datos de fallecidos se eliminaron los registros repetidos, excluyéndose al 0.045% de los registros. En el conjunto de datos de hospitalizados se consideraron los registros que tenían resultado positivo a COVID-19, y que no tuvieron más de un registro en un lapso de 15 días, excluyéndose al 6.55% de los registros. En el conjunto de datos de dosis de vacuna COVID-19 administradas se consideró como número máximo hasta cuatro vacunas, excluyéndose al 0.20% de los registros. Este conjunto de datos no tenía el código de ubigeo, pero tenían el código de identificación del paciente, por lo que se tuvo que utilizar la base de datos de “ubigeo” y de “personas” para poder asociar el lugar de proveniencia de la persona que recibía la vacuna. Para el análisis temporal, se agruparon los datos por semana epidemiológica considerando como inicio de semana epidemiológica el domingo.

#### **IV.3.2. INDICADORES SOCIOECONÓMICOS PARA EXPLICAR LA AGRUPACIÓN**

Se utilizaron 4 conjuntos de datos con información socioeconómica que fueron publicadas por el INEI, de las cuales se extrajo la información de las variables de interés como se detalla a continuación.

- La pobreza monetaria<sup>18</sup> se midió como la proporción de hogares que no pueden cubrir los requerimientos básicos como alimentación, servicios, vivienda y educación. Se extrajo las estimaciones de las personas que viven en pobreza monetaria a nivel departamental y provincial, y se promediaron los límites de confianza al 95%.

- El indicador de pobreza no monetaria se midió como el porcentaje de hogares que tienen por lo menos una NBI<sup>19</sup>. Se dividió las cifras absolutas de hogares con al menos una necesidad básica insatisfecha y el total de hogares.
- Índice de Desarrollo Humano (IDH)<sup>20</sup>, que mide tres dimensiones como esperanza de vida, escolarización y renta per cápita de cada país. Se consideró el valor neto del IDH.
- Datos brutos del censo del 2017<sup>21</sup>, que contiene la información estadística sobre la composición, distribución y entre otros aspectos de la población. Se extrajo el porcentaje de hogares con déficit de abastecimiento de agua, hogares de abastecimiento diario de agua, hogares sin servicio sanitario, hogares con refrigeradora, personas con seguro EsSalud, personas seguro SIS, personas más de un seguro, personas sin seguro, personas con otro tipo de seguro y el tamaño poblacional al inicio del periodo.
- La densidad poblacional<sup>23</sup> fue hallada dividiendo la cantidad de habitantes entre la superficie de cada provincia.

#### **IV.4 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE VARIABLES EPIDEMIOLÓGICAS**

Se exploraron las medidas estadísticas que describen la tendencia central y la dispersión de datos a lo largo del periodo de estudio. Se realizó la exploración de la distribución de los datos y se calculó la incidencia acumulada de casos y la tasa de mortalidad con la fórmula tomada de la tercera edición web del libro “Principles of Epidemiology in Public Health Practice. An Introduction to Applied Epidemiology and Biostatistics”<sup>24</sup>.

La incidencia acumulada de casos se define como la proporción contagiados durante un periodo específico en el que inicialmente estaban libres de la enfermedad<sup>24</sup>.

$$Inc. acum = \frac{Núm. casos nuevos durante un periodo específico}{Tamaño de la población}$$

La tasa de mortalidad se define como la proporción de los fallecimientos durante un periodo específico<sup>24</sup>.

$$Tasa de mortalidad = \frac{Número de muertes}{Tamaño de la población}$$

La tasa de hospitalización se define como el número de personas hospitalizadas en un área vigilada con un diagnóstico confirmado durante un periodo específico<sup>25</sup>.

$$Tasa de hospitalización = \frac{Número de hospitalizados}{Tamaño de la población}$$

Las dosis de vacuna COVID-19 administradas se define como el promedio del número de dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante<sup>26</sup>.

$$Dosis admin./persona = \frac{Número de dosis de vacuna COVID - 19 administradas}{Tamaño de la población}$$

Los datos se calcularon a nivel departamental y provincial; y los valores de la incidencia acumulada de casos presentados están presentados por 100,000 habitantes, las tasas de mortalidad y de hospitalización están por 1000 habitantes y las dosis de vacuna COVID-19 administradas están por habitante. Para todas estas tasas, los datos individuales se agregaron por semana epidemiológicas, se calcularon las tasas a nivel semanal y se obtuvo el valor promedio para todo el periodo.

El tamaño poblacional utilizado en este estudio fue obtenido del censo 2017. Principalmente porque la población censada garantiza una base de datos estable y consistente en el tiempo y las proyecciones introducen sesgos que podrían influir en los cálculos obtenidos. Adicionalmente, se realizó un análisis de sensibilidad en el cual no se encontraron diferencias significativas en los análisis al utilizar como denominador la población censada en el 2017 y las proyecciones de la población para los años 2020, 2021, 2022 y 2023.

Para comparar la incidencia acumulada de casos y la tasa de mortalidad se construyeron líneas de tiempo a nivel provincial en base a las tasas antes mencionadas durante marzo 2020 a mayo 2023. Además, se exploraron las medidas de tendencia central y de dispersión durante el periodo de estudio, con los cuales se construyeron gráficos de cajas y bigotes. Asimismo, se realizaron gráficos de intensidad a nivel provincial para observar la distribución de dichas tasas en las agrupaciones. Adicionalmente, se realizaron las mismas exploraciones para hospitalizados y dosis de vacuna COVID-19 administradas, teniendo así una noción más amplia del panorama de la pandemia.

#### **IV.5 AGRUPACIÓN**

La agrupación se llevó a cabo utilizando el enfoque jerárquico aglomerativo que inicia con un conjunto de datos únicos y, en sucesivas etapas, fusiona pares de grupos en función a las medidas de similitud elegidas. Estos pasos se repiten hasta que se cumplan determinados criterios<sup>26</sup>.

Para la formación de estas agrupaciones se probaron diferentes métodos de escalamiento, distancia y enlace con el fin de seleccionar aquel que muestre el mejor índice de aglomeración. Este índice sirve como un indicador de la robustez

de la organización de las agrupaciones<sup>28</sup>. El método de escalamiento se utilizó para cambiar el rango de los valores, sin cambiar la forma de distribución de los datos, como métodos de escalamiento se probó la estandarización y la normalización<sup>29</sup>. El método de distancia se utilizó para determinar cómo se calcula la similitud o disimilitud de los datos, como métodos de distancia se probó la distancia Euclidiana, la distancia de Manhattan, la correlación de Pearson y la correlación de Spearman<sup>30</sup>. Finalmente, el método de enlace se utilizó para calcular la distancia entre las agrupaciones, como método de enlace se probó el promedio, single, complete y Ward<sup>31</sup>. La combinación que tuvo el índice de aglomeración más cercano a 1 fue escogida como la mejor combinación. Los métodos con los que se obtuvieron los mejores índices de aglomeración (0,9899) para las agrupaciones fueron; para el método de escalamiento de datos fue la Normalización, para el método de distancia fue el Coeficiente de correlación Pearson, y para el método de enlace fue Ward.

Se emplearon cuatro indicadores epidemiológicos analizados a nivel semanal: casos, fallecidos, hospitalizados y dosis de vacuna COVID-19 administradas, a partir de las cuales se derivaron un total de 34 métricas que se encuentran detalladas en el ANEXO 1. Para la exploración de estas variables se utilizaron gráficos de dispersión con líneas y barras de error. Para explicar las características socioeconómicas de las agrupaciones generadas se utilizaron indicadores socioeconómicos que se detallan en la Tabla 3 de resultados.

Para la elección del número de agrupaciones se aplicaron 3 métodos; el método del codo, Silhouette y la estadística de GAP<sup>30</sup>. El método del codo propone utilizar entre 3 y 5 agrupaciones, Silhouette sugirió de 3 a 6 agrupaciones y la estadística

GAP recomendó de 2 a 4 agrupaciones. Para decidir qué número de agrupaciones es el ideal se realizó un análisis de conglomerado que se detalla en la siguiente sección. Las curvas de estos métodos se observan en el ANEXO 2. Para la revisión de estas agrupaciones se utilizó el método de visualización llamado método 2 de Ward y Silhouette.

#### **IV.6 ELECCIÓN DE LAS AGRUPACIONES**

Para la elección entre 3, 4 y 5 agrupaciones se evaluaron los indicadores epidemiológicos y la relevancia de las agrupaciones propuestas, considerando tanto la perspectiva epidemiológica como geográfica de país. Esto se logró mediante comparaciones en tiempo y espacio utilizando gráficos de líneas y de intensidad. Esta metodología nos permitió seleccionar 5 conglomerados, evidenciando mayores diferencias entre sus agrupaciones que al utilizar una agrupación de 3 o 4. En otras palabras, cuando utilizamos 3 o 4 agrupaciones no se ven diferencias tan marcadas entre las agrupaciones que se generan, como cuando usamos 5 agrupaciones. El objetivo de estas comparaciones es asegurar que el número de conglomerados seleccionados sea lo suficientemente variado entre sí para brindar una explicación más completa y caracterizar mejor la pandemia.

Las agrupaciones fueron denominadas del 1 al 5, de acuerdo con las consecuencias que tuvieron esas agrupaciones en la pandemia, siendo la agrupación 1 la que tuvo menos consecuencias graves, y la agrupación 5 la que tuvo las consecuencias más graves.

La representación temporal de la pandemia es presentada en base a estas agrupaciones, graficando el desarrollo de la incidencia acumulada de casos, la tasa

de mortalidad, la tasa de hospitalización y las dosis de vacuna COVID-19 administradas en la pandemia por semana epidemiológica.

#### **IV.7 CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia en Lima (SIDISI: 208448) y fue autofinanciado como parte de la propuesta de tesis para optar por el grado de Magister en Control de Enfermedades Infecciosas y Tropicales de la UPCH.

#### **V. RESULTADOS**

En este estudio, los resultados de la incidencia acumulada de casos fueron expresados por 100,000 habitantes, la tasa de mortalidad y de hospitalización fueron expresados por 1000 habitantes y las dosis de vacuna COVID-19 administradas fueron expresadas por habitante.

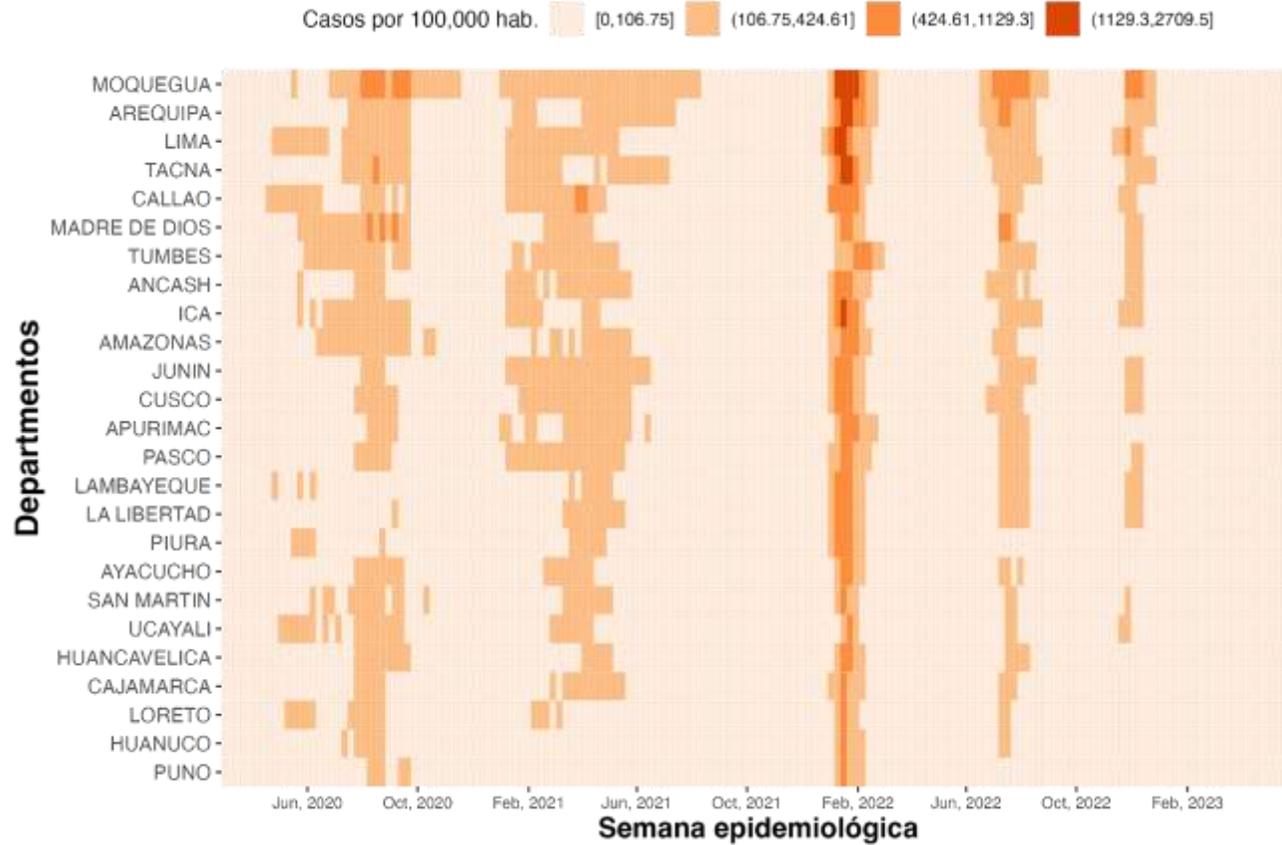
##### **V.1 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE VARIABLES EPIDEMIOLÓGICAS**

Se generaron dos gráficos de intensidad a nivel departamental, el primero representa la incidencia acumulada de los casos (Figura 1) y segundo la tasa de mortalidad (Figura 2). En ambos gráficos se han calculado las tasas promedio a nivel semanal, resaltando la magnitud de cada indicador, donde un mayor valor tiene un color más intenso, y viceversa. El orden en el que aparecen las provincias está alineado con la intensidad de incidencia acumulada de casos de la primera ola. La figura 1 muestra cinco olas marcadas, además muestra el aumento de la incidencia acumulada de casos durante la tercera ola, siendo los departamentos de Moquegua, Arequipa y Lima los más afectados. Estos tres departamentos también muestran un mayor número de semanas epidemiológicas con el segundo nivel más

alto de incidencia acumulada de casos. En la figura 2 se observan tres olas a lo largo de todo el periodo, donde las dos primeras olas fueron las que tuvieron tasas de mortalidad más altas durante la pandemia, principalmente en la primera ola, los departamentos de Loreto y Moquegua fueron los que presentaron el mayor número de fallecidos por COVID-19. También podemos observar que, Callao, Ica y Lima muestran un mayor número de semanas epidemiológicas con el segundo nivel más alto de mortalidad, por lo que, tienen la mayor tasa de mortalidad acumulada.

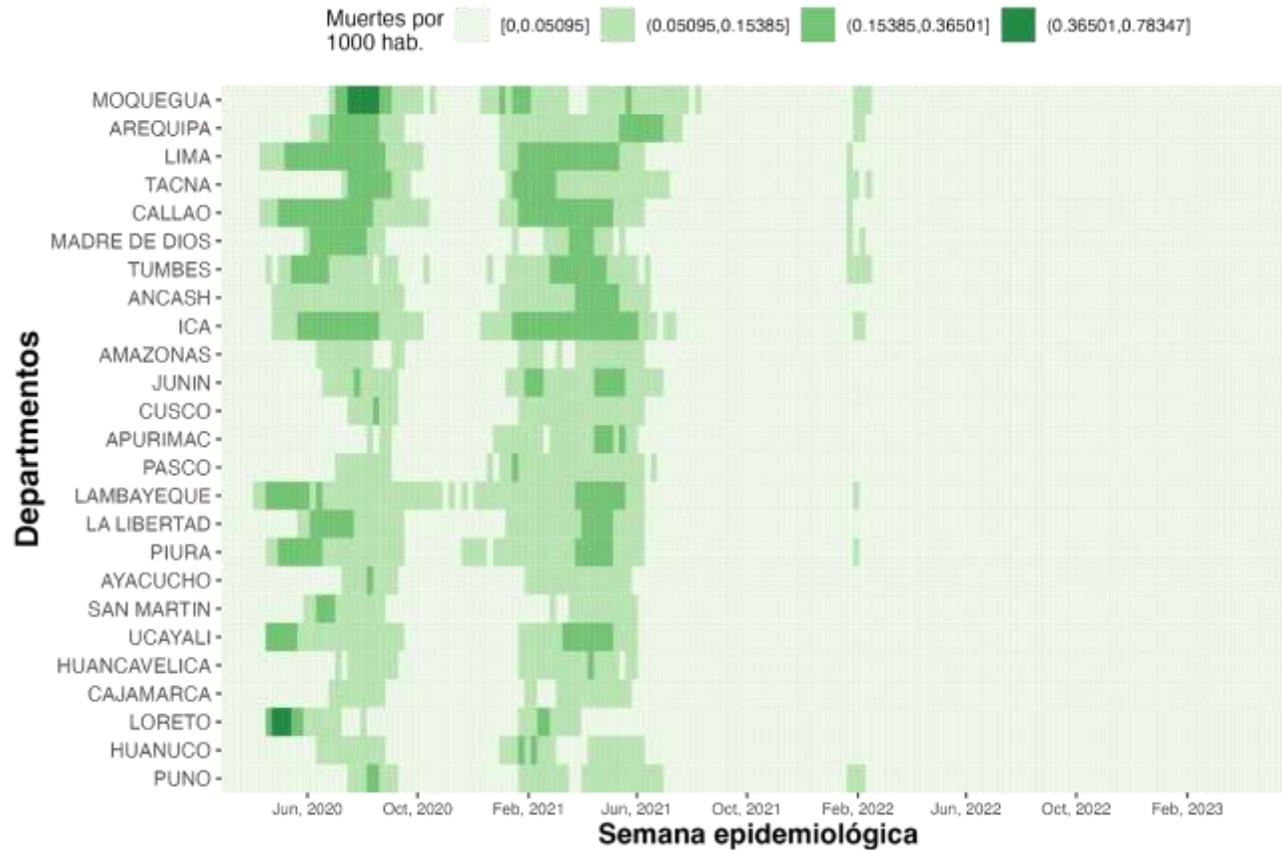
**Figura 1.** Gráfico de intensidad de la incidencia acumulada de casos en los 24 departamentos del Perú y la provincia constitucional del Callao.

Los valores están representando desde marzo 2020 a mayo 2023 a nivel departamental y están ajustados por 100,000 habitantes.



**Figura 2.** Gráfico de intensidad de la tasa de mortalidad en los 24 departamentos del Perú y la provincia constitucional del Callao.

Los valores están representando desde marzo 2020 a mayo 2023 a nivel departamental y están ajustados por 1000 habitantes



- **Incidencia acumulada de casos en el periodo en estudio**

La incidencia acumulada de casos durante el periodo alcanzó los 13,933.84 casos por 100,000 habitantes. A nivel departamental, Moquegua registró la mayor incidencia acumulada de casos, con un total de 35,302.49 casos por 100,000 habitantes, seguido de cerca por Arequipa, que reportó 20,311.12 casos por 100,000 habitantes. Por otro lado, Puno mostró la menor incidencia acumulada de casos, con 6,362.68 casos por 100,000 habitantes, seguido de Huánuco, que presentó 6,868.21 casos por 100,000 habitantes (Tabla 1). La representación gráfica de la distribución de los datos están en el ANEXO 3. Esta figura nos muestra la distribución de la incidencia acumulada de casos promedio por semana epidemiológica y por departamento durante el periodo de estudio, donde exhibió niveles muy elevados en ciertos intervalos de tiempo breve, aunque en la mayoría de las semanas epidemiológicas no se registraron casos por COVID-19 en todos los departamentos. Este fenómeno también se evidencia en el gráfico de líneas (Figura 5).

A nivel provincial (ANEXO 7), se observó que la provincia de Mariscal Nieto, ubicada en el departamento de Moquegua, presentó la incidencia acumulada de casos más alta con un total de 45,776.75 casos por 100,000 habitantes, seguida por la provincia de Ilo, también en Moquegua, que registró 26,956.82 casos por 100,000 habitantes. Por otro lado, las provincias con la menor incidencia acumulada de casos fueron Marañón, en Huánuco, con un total de 1,318.46 casos por 100,000 habitantes, seguida de Carlos Fermín Fitzcarral, en Áncash con 1794.89 por 100,000 habitantes.

- **Tasa de mortalidad del periodo en estudio**

La tasa de mortalidad durante el periodo de estudio se situó en 7.51 muertes por 1000 habitantes. A nivel departamental, la provincia constitucional del Callao tuvo la tasa de mortalidad más alta, con un total de 11 fallecidos por 1000 habitantes, seguida de cerca por Ica, que registró 10.76 fallecidos por 1000 habitantes. En contraste, la tasa de mortalidad más baja se observó en Cajamarca, con un total de 3.45 fallecidos por 1000 habitantes, seguida de Amazonas, que presentó 3.72 fallecidos por 1000 habitantes (Tabla 1). La representación gráfica de la distribución de los datos están en el ANEXO 4. Esta figura nos muestra la distribución de la tasa de mortalidad promedio por semana epidemiológica y por departamento durante el periodo de estudio, donde la tasa de mortalidad presentó valores significativamente altos en agrupaciones en cortos periodos de tiempo, sin embargo, en la mayor parte de semanas epidemiológicas, no se presentaron fallecidos por COVID-19 en todos los departamentos. Esto también puede ser observado en el gráfico de líneas (Figura 6).

A nivel provincial (ANEXO 7), destacó la provincia de Palpa, perteneciente al departamento de Ica, con la tasa de mortalidad más alta, alcanzando un total de 13.91 fallecidos por 1000 habitantes, seguida de cerca por Chincha, también en Ica, que reportó 12.30 fallecidos por 1000 habitantes. En contraposición, las tasas de mortalidad más bajas se encontraron en Pachitea, Huánuco, con 1.40 fallecidos por 1000 habitantes, seguida por Sánchez Carrión, en La Libertad, que registró 1.43 fallecidos por 1000 habitantes.

- **Tasa de hospitalización**

A nivel departamental, la tasa de hospitalización más alta fue Ancash con 7.16 hospitalizados por 1000 habitantes, seguido de cerca por Tacna, con 6.33 hospitalizados por 1000 habitantes. En contraste, las tasas de hospitalización más bajas a nivel departamental se observaron en La Libertad con 0.18 hospitalizados por 1000 habitantes, y Arequipa con 0.23 hospitalizados por 1000 habitantes (Tabla 1). La representación gráfica de la distribución de los datos están en el ANEXO 5. Esta figura proporciona una representación de cómo se distribuyó la tasa de hospitalización promedio semanal y por departamento durante periodo de estudio. Se destaca que la tasa de hospitalización mostró niveles notablemente elevados en ciertos periodos cortos de tiempo, aunque en la mayoría de las semanas epidemiológicas no se registraron hospitalizados en todos los departamentos. Este patrón también se aprecia en el gráfico de líneas correspondiente (Figura 7).

A nivel provincial (ANEXO 7), las tasas de hospitalización más elevadas se encontraron en Jauja, Junín, con un total de 10 hospitalizados por 1000 habitantes, seguido por Casma, Áncash, que reportó 9.90 hospitalizados por 1000 habitantes. Por otro lado, las tasas de hospitalización más bajas a nivel provincial se observaron en Sánchez Carrión, La Libertad, con apenas 0.69 hospitalizados por 1000 habitantes, seguido de Julcán, también en La Libertad, con 3.57 hospitalizados por 1000 habitantes.

- **Dosis de vacuna COVID-19 administradas**

A nivel departamental, la mayor cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas se observó en Áncash, con un valor de 3.35 dosis de vacuna COVID-

19 administradas por habitante, seguida de Lima, que registró 3.30 dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante. En contrapartida, las dosis de vacuna COVID-19 administradas departamentales más bajas se encontraron en Puno, con 2.27 dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante, y Madre de Dios, con 2.40 dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante (Tabla 1). La representación gráfica de la distribución de los datos están en el ANEXO 6. Esta figura nos muestra la distribución de las dosis de vacuna COVID-19 administradas promedio por semana epidemiológica y por departamento durante el periodo de estudio, donde las dosis de vacuna COVID-19 administradas presentaron valores significativamente altos en agrupaciones en cortos periodos de tiempo, sin embargo, en la mayor parte de semanas epidemiológicas, no se presentaron casos en todos los departamentos. Esto también puede ser observado en el gráfico de líneas (Figura 8).

A nivel provincial (ANEXO 7), los valores más altos de dosis de vacuna COVID-19 administradas se encontraron en Huarochiri, Lima, con un total de 5.33 dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante, seguidas por Aija, Áncash, que reportó 4.37 dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante. Por otro lado, los valores más bajos de dosis de vacuna COVID-19 administradas a nivel provincial se observaron en Condorcanqui, Amazonas, con 1.31 dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante, seguido por Chucuito, en Puno, con 1.66 dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante.

**Tabla 1: Promedio de los indicadores epidemiológicos a nivel departamental†.**

| Departamento  | Incidencia acumulada de casos* | Tasa de mortalidad** | Tasa de hospitalización** | Dosis de vacuna COVID-19 administrada por habitante*** |
|---------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------|--|
| Amazonas      | 12490.51                       | 3.72                 | 3.42                      | 2.52   |
| Ancash        | 13906.26                       | 6.86                 | 7.16                      | 3.35   |
| Apurímac      | 11041.53                       | 4.19                 | 4.76                      | 2.87   |
| Arequipa      | 20311.12                       | 7.72                 | 0.23                      | 2.71   |
| Ayacucho      | 8773.31                        | 3.93                 | 0.54                      | 2.44   |
| Cajamarca     | 8014.54                        | 3.45                 | 3.99                      | 2.74   |
| Callao        | 15371.03                       | 11.00                | 2.02                      | 3.24   |
| Cusco         | 11802.06                       | 4.40                 | 5.50                      | 2.82   |
| Huancavelica  | 8280.14                        | 3.75                 | 3.70                      | 2.93   |
| Huánuco       | 6868.21                        | 4.15                 | 1.75                      | 2.72   |
| Ica           | 13793.12                       | 10.76                | 4.03                      | 3.16   |
| Junín         | 12164.24                       | 6.13                 | 4.54                      | 2.85   |
| La Libertad   | 9885.10                        | 6.23                 | 0.19                      | 2.98   |
| Lambayeque    | 10116.52                       | 7.94                 | 0.62                      | 2.93   |
| Lima          | 19526.95                       | 10.27                | 2.81                      | 3.30   |
| Loreto        | 6999.69                        | 5.08                 | 0.32                      | 2.85   |
| Madre De Dios | 14524.00                       | 6.33                 | 4.81                      | 2.40   |
| Moquegua      | 35302.49                       | 9.85                 | 5.55                      | 2.93   |
| Pasco         | 10918.47                       | 4.49                 | 2.39                      | 3.07   |
| Piura         | 8981.00                        | 7.13                 | 2.48                      | 2.82   |
| Puno          | 6362.68                        | 4.14                 | 0.41                      | 2.27   |
| San Martín    | 8312.34                        | 4.00                 | 2.47                      | 2.60   |
| Tacna         | 19335.20                       | 6.91                 | 6.33                      | 2.65   |
| Tumbes        | 14107.26                       | 7.85                 | 1.02                      | 2.89   |
| Ucayali       | 8283.46                        | 6.68                 | 3.23                      | 2.65   |

†El denominador para todas las tasas fue la población total a nivel departamental.

\*Incidencia acumulada de casos están representada por 100,000 habitantes.

\*\*Tasa de mortalidad y de hospitalización de casos están representadas por 1000 habitantes.

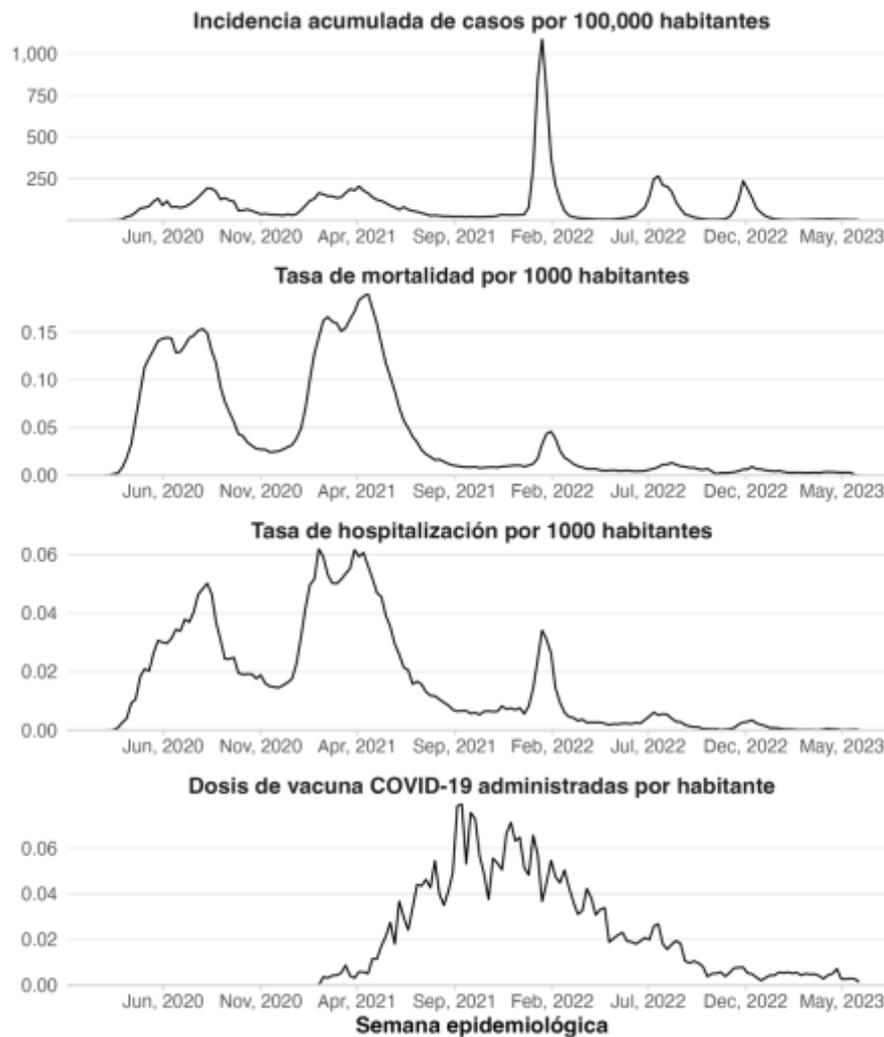
\*\*\*Dosis de vacunas COVID-19 administradas están representadas por habitante.

#### - Progresión en el tiempo de los principales indicadores

Se construyó un gráfico de líneas en función al tiempo para cada una de las siguientes variables; incidencia acumulada de casos, tasa de mortalidad, tasa de hospitalizaciones y dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante durante

el periodo de investigación (Figura 3). Aquí se puede observar un marcado incremento en el número de casos en la tercera ola, y al mismo tiempo una reducción significativa en las cifras de fallecidos, mostrándose una disminución notable en comparación con la primera ola. Respecto a las personas hospitalizadas, se observó una reducción de casi la mitad de los hospitalizados, en comparación de las olas anteriores durante ese mismo periodo. También se puede observar que hay un aumento de las dosis de vacuna COVID-19 administradas entre setiembre 2021 y febrero 2022. El eje Y está representando los valores de manera semanal en el transcurso de la pandemia a nivel nacional.

**Figura 3.** Gráfico de líneas de los principales indicadores de la pandemia de COVID 19 en el Perú durante el periodo de marzo 2020 hasta mayo 2023 a nivel semanal: Incidencia acumulada de casos, tasa de mortalidad, tasa de hospitalización y dosis de vacuna COVID-19 administradas.



## V.2 ANÁLISIS DE LAS AGRUPACIONES

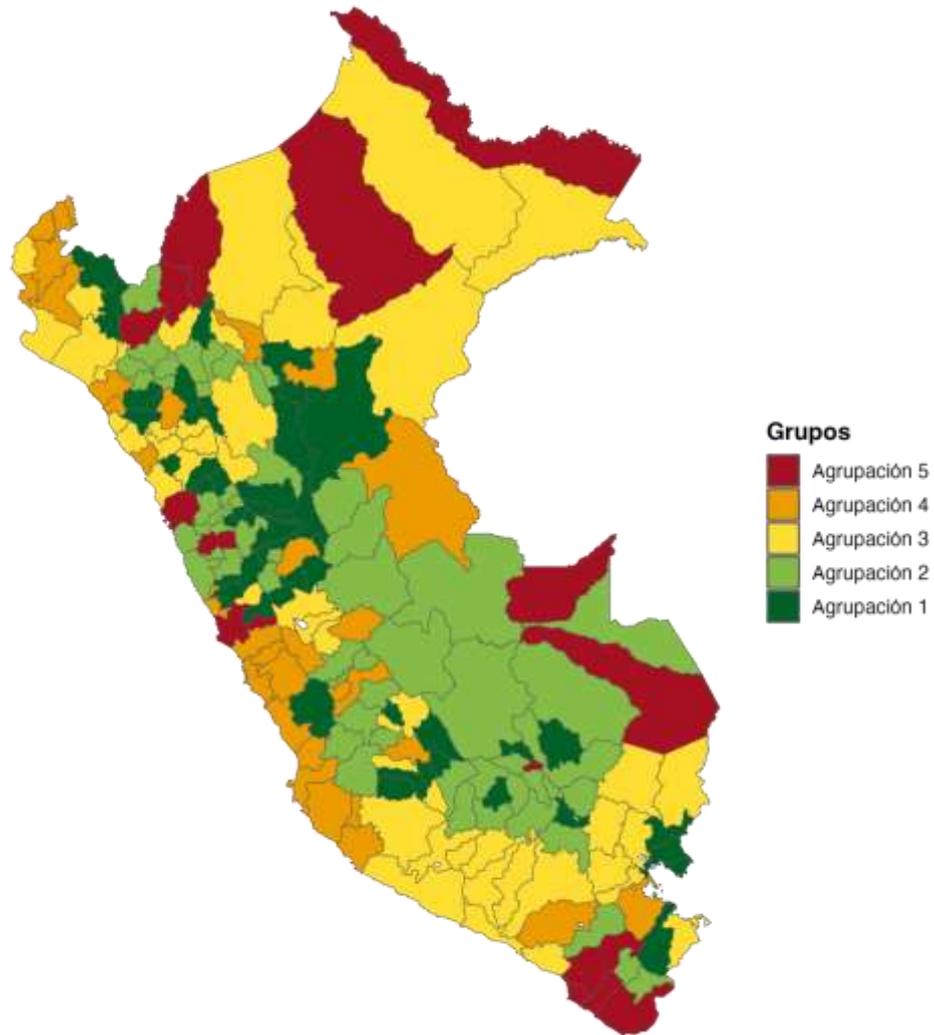
La metodología y el sustento para la elección de esta clasificación está detallada en la sección “IV.6 ELECCIÓN DE LAS AGRUPACIONES”. La distribución con tres y cuatro agrupaciones está incluida en los ANEXOS 8 y 9.

En este estudio se decidió que la categorización con 5 agrupaciones (Figura 4) es la que mejor representa la forma en la que los departamentos y provincias se agruparon durante la pandemia. Adicionalmente podemos observar un patrón geográfico, de color verde claro y verde oscuro distintivo en la sierra central. Los colores fueron distribuidos tomando de referencia los colores del semáforo, donde un valor más elevado se refleja de color rojo en la escala, seguido del color anaranjado, el valor intermedio está representado por el color amarillo, y siguiendo el mismo sentido, los valores menos elevados están de color verde claro y verde oscuro.

Para poder asignarle un número de agrupación y que, la agrupación 1 sea la que tiene consecuencias menos graves en la pandemia, y la agrupación 5 la que tiene consecuencias más graves, se compararon cada uno de los indicadores epidemiológicos (ANEXOS 10-14). En el ANEXO 10 fueron agrupadas las métricas relacionadas con la incidencia acumulada de casos, en el ANEXO 11 las relacionadas con la tasa de mortalidad, en el ANEXO 12 las relacionadas con la tasa de hospitalización, en el ANEXO 13 las relacionadas con las dosis de vacuna COVID-19 administradas y en el ANEXO 14 las relacionadas al índice de Hoover. El índice de Hoover es una medida que evalúa el desequilibrio entre la población y la incidencia acumulada o tasa de mortalidad en una determinada área geográfica, usando la concentración o dispersión de los casos o muertes respecto a la población en el país<sup>2</sup>. En estas figuras podemos observar la magnitud con la que fueron afectadas las diferentes agrupaciones respecto a cada dimensión de análisis y así, la letra (A, B, C, D o E) que tenga consecuencias más graves fue denominada

agrupación 5, y la que tuvo consecuencias menos graves fue denominada agrupación 1.

**Figura 4.** Mapa de la categorización con cinco agrupaciones.

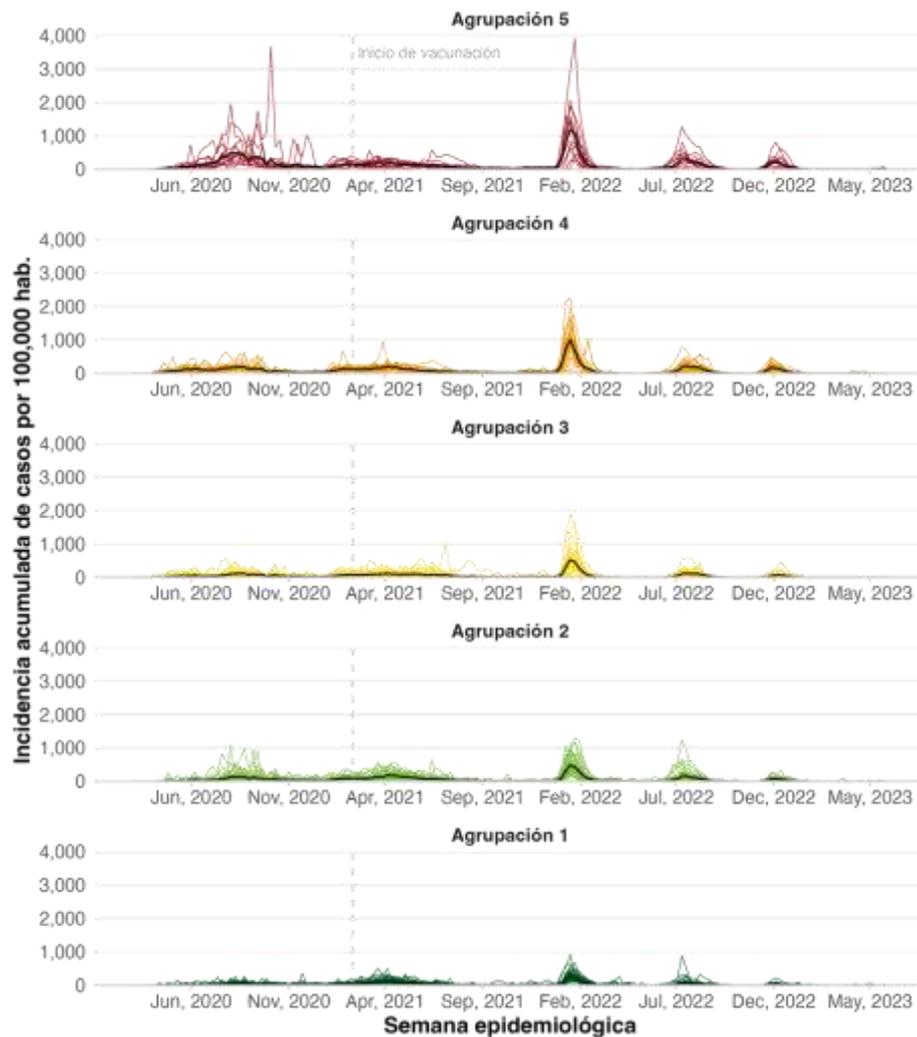


Se generaron gráficos de líneas para la incidencia acumulada de casos (Figura 5), la tasa de mortalidad (Figura 6), la tasa de hospitalización (Figura 7) y las dosis de vacuna COVID-19 administradas (Figura 8). Estos gráficos de líneas nos permiten visualizar la progresión temporal en cada agrupación, marcando el inicio de la

vacunación con líneas discontinuas grises, y el promedio del indicador epidemiológico por agrupación con la línea negra a través del tiempo. Es importante recordar que, los valores que se presentan en estas líneas de tiempo son los promedios de las tasas a nivel semanal.

Se generaron líneas de tiempo para poder graficar el trayecto de la pandemia respecto a cada indicador epidemiológico analizado, en donde cada línea representa una provincia y esta línea está ubicada en su respectiva agrupación. En la Figura 5 podemos observar que la agrupación 5 exhibe el promedio de la tasa de incidencia acumulada de casos más alta durante la primera ola, mientras que las demás agrupaciones experimentaron un aumento considerable en los casos a partir de la tercera ola.

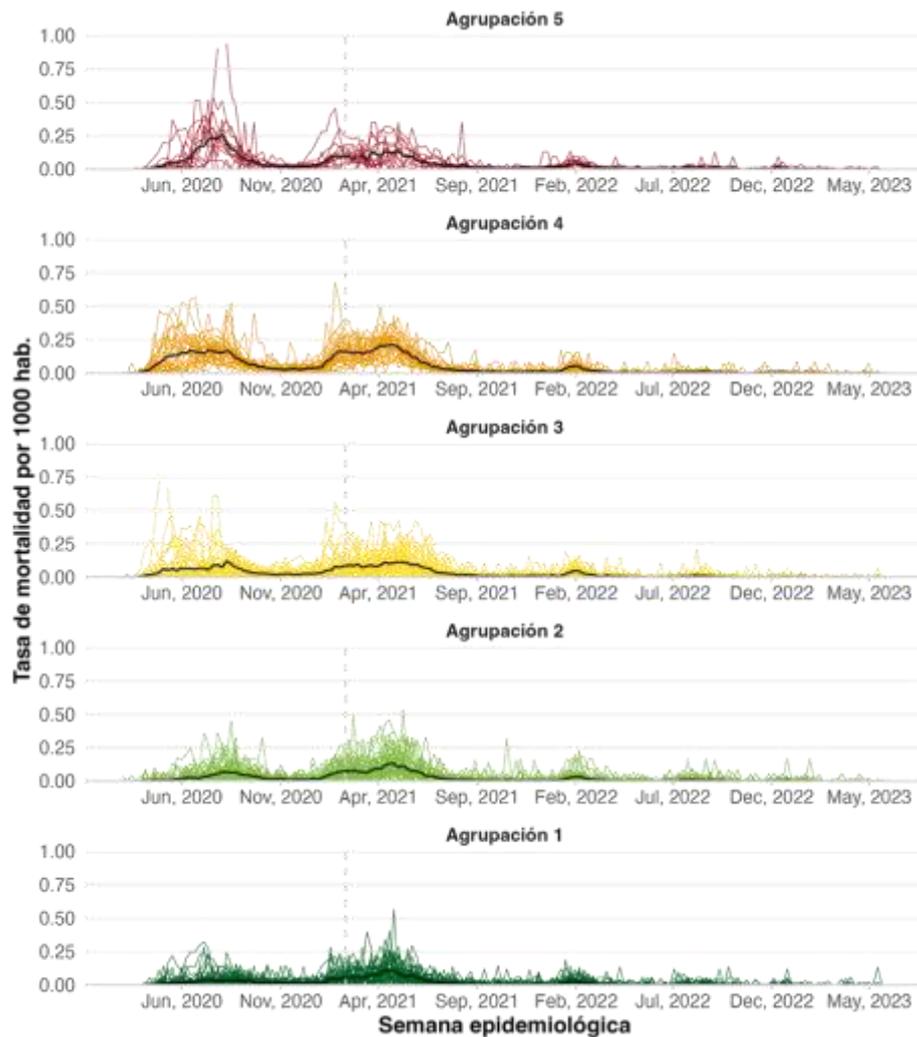
**Figura 5.** Línea tiempo del promedio de la incidencia acumulada de casos por agrupación a nivel provincial por semana epidemiológica durante la pandemia de COVID-19.



En la Figura 6 se puede observar como la tasa de mortalidad es evidentemente más alta en las dos primeras olas correspondientes a las agrupaciones del 2 al 4, pero la agrupación 1 tiene una tasa menor de casos en la primera ola. Esto podría deberse no sólo al relajamiento en las medidas, sino a la disponibilidad de pruebas diagnósticas. También podemos observar que hay departamentos que tienen algunos picos en la tasa de mortalidad, pudiendo tener relación con la disponibilidad de vacunas. Para

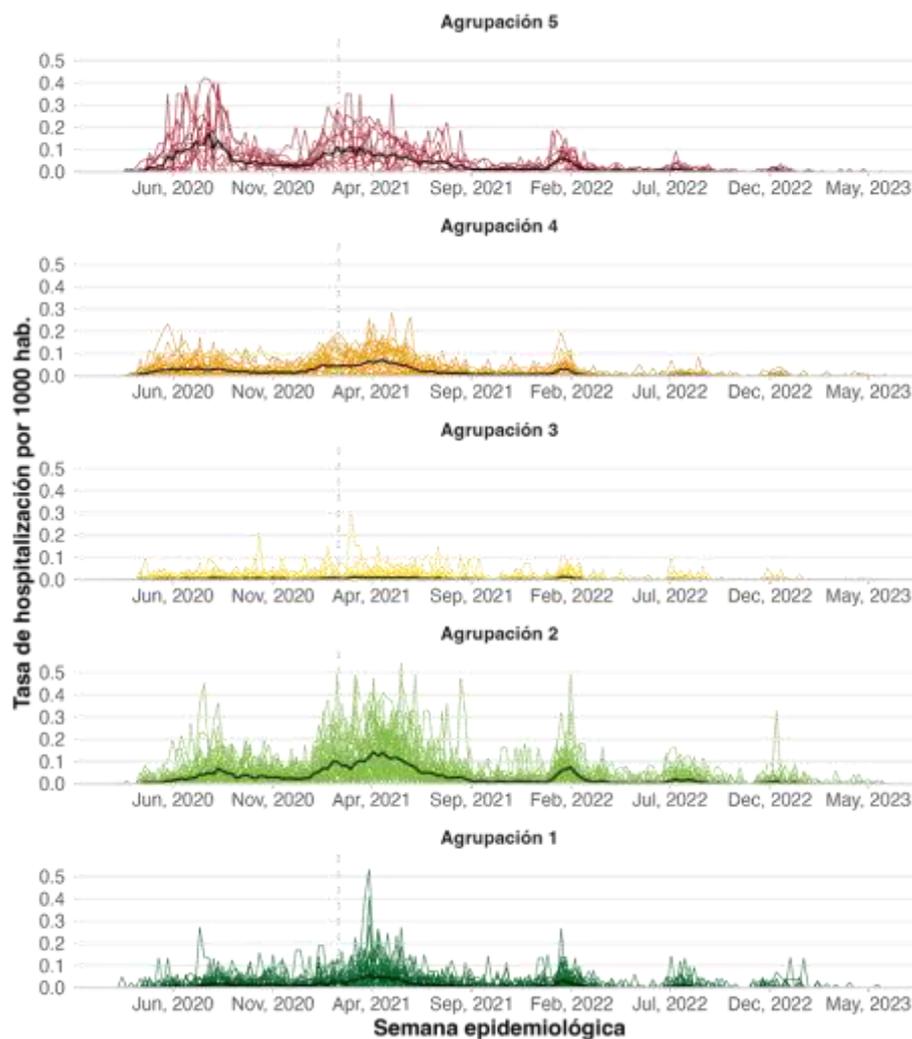
poder visualizar mejor los valores, se dejó fuera un valor extremo en la agrupación 1 y otro valor extremo en la agrupación 2.

**Figura 6.** Línea de tiempo de la tasa de mortalidad por agrupación a nivel provincial por semana epidemiológica durante la pandemia de COVID-19.



En la Figura 7 podemos observar cómo la tasa de hospitalización es más alta para las agrupaciones 5 y 2, en la primera y segunda ola.

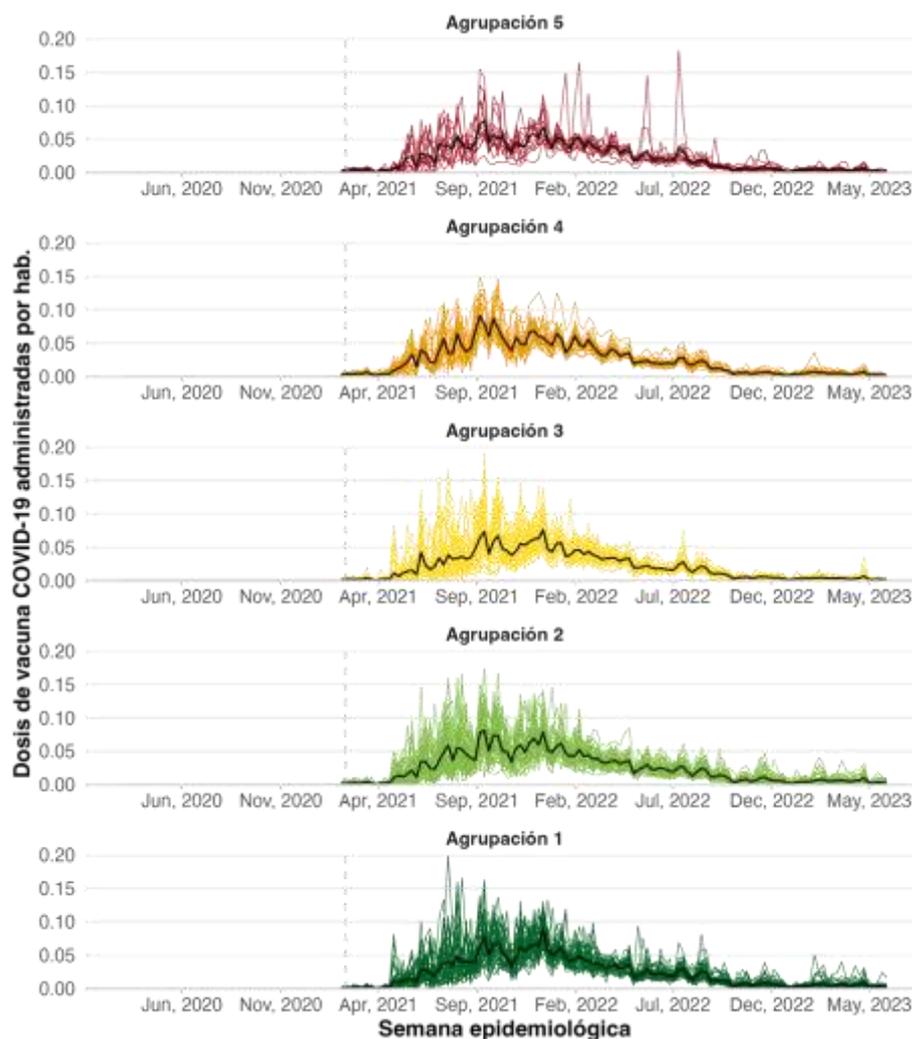
**Figura 7.** Línea tiempo de la tasa de hospitalización por agrupación a nivel provincial por semana epidemiológica durante la pandemia de COVID-19.



En la Figura 8 podemos observar que la cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante en todas las agrupaciones son similares. En el eje Y está representado los valores de las dosis de vacuna COVID-19 administradas maneras semanales en el transcurso de la pandemia sobre la población total de cada

provincia. La representación semanal de estos datos justifica la dilución de los valores y su representación en forma decimal a lo largo del periodo analizado.

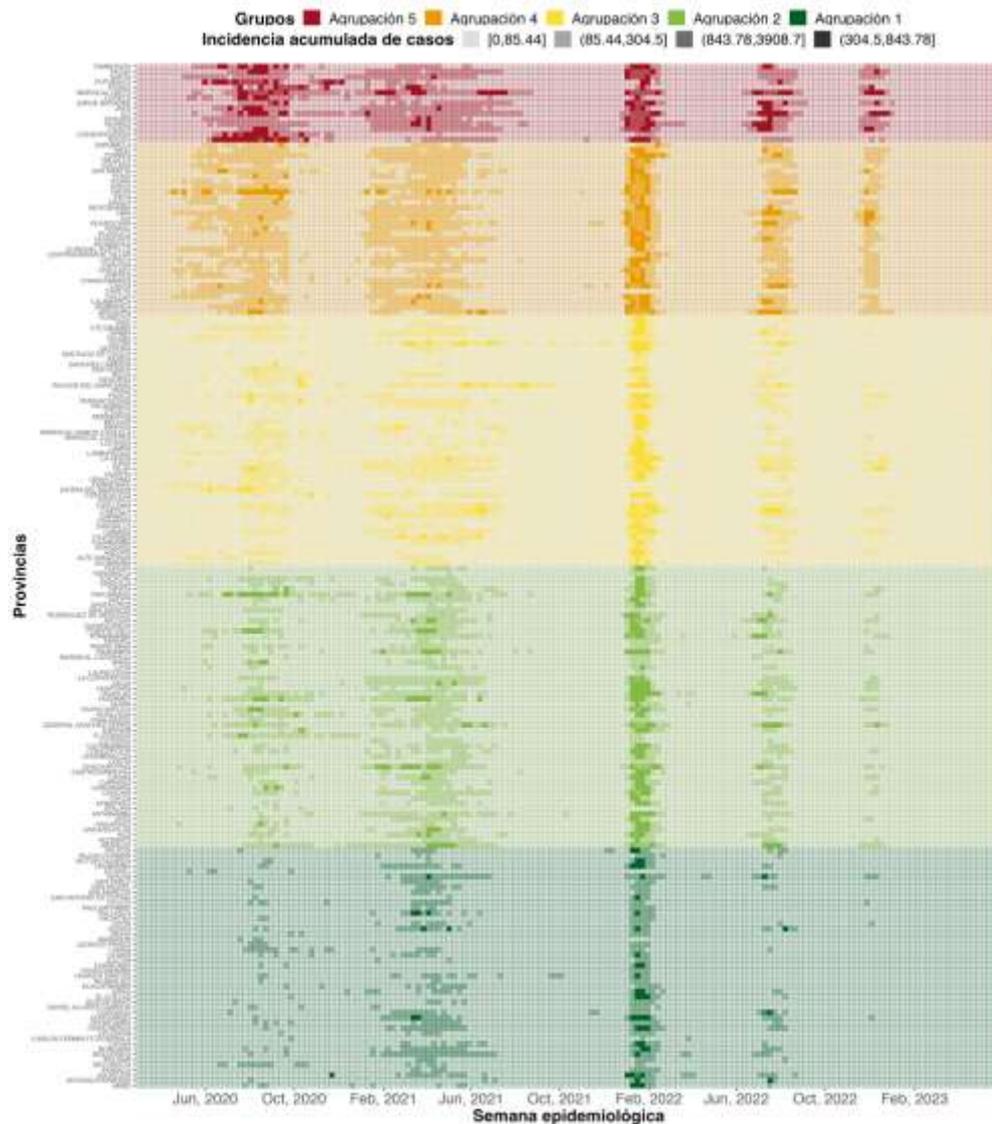
**Figura 8.** Línea tiempo de las dosis de vacuna COVID-19 administradas por agrupación a nivel provincial por semana epidemiológica durante la pandemia de COVID-19.



Se generaron gráficos de intensidad a nivel de provincial para poder observar los patrones de distribución de cada agrupación con el propósito de representar y examinar la propagación de la pandemia para estas cinco agrupaciones. El gráfico

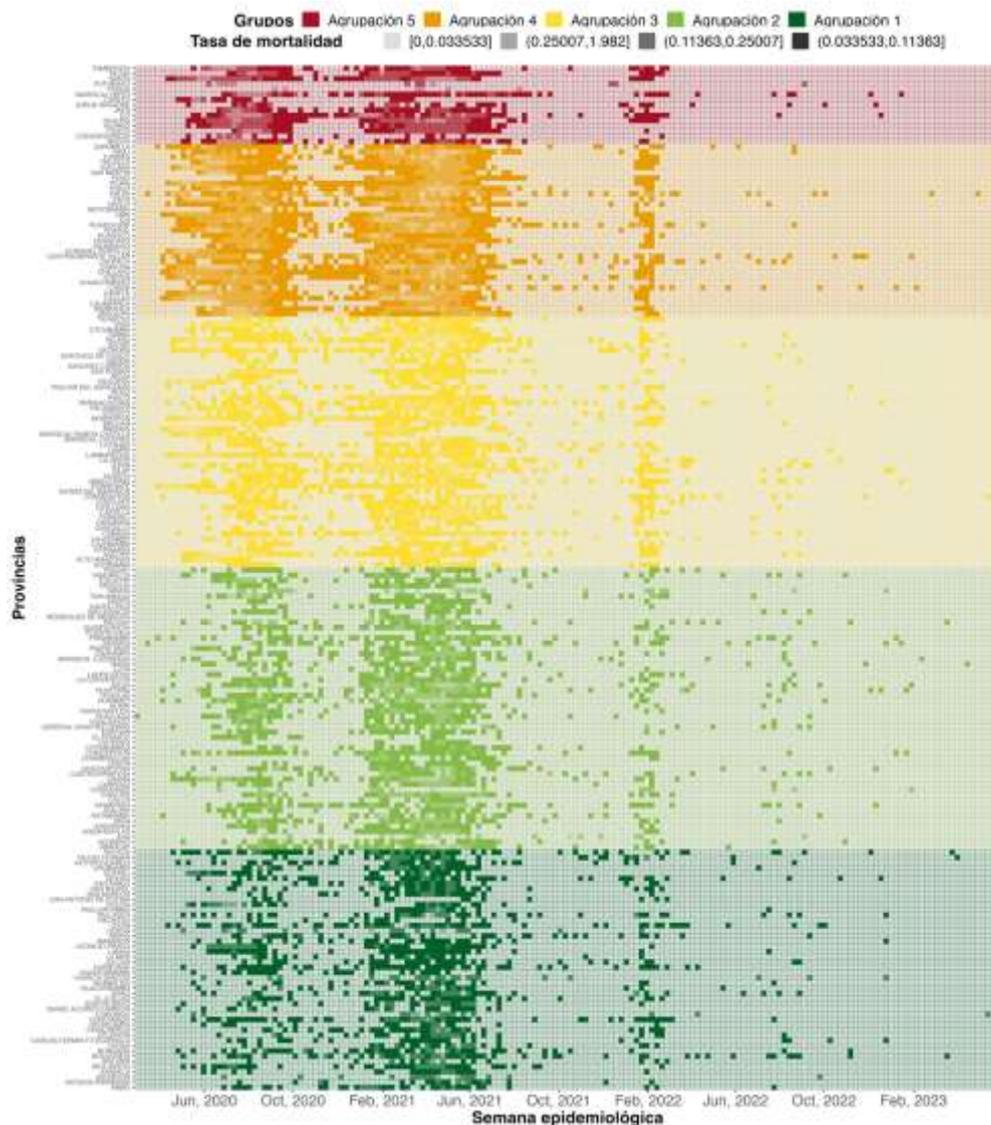
de intensidad de la incidencia acumulada de casos y la tasa de mortalidad se encuentran en la Figura 9 y 10, y los de la tasa de hospitalización y de dosis de vacuna COVID-19 administradas en las Figuras 11 y 12. Todas estas figuras muestran la tasa por provincia, semana epidemiológica y por agrupación.

**Figura 9.** Gráfico de intensidad de la incidencia acumulada de casos por agrupación a nivel provincial durante la pandemia de COVID-19.



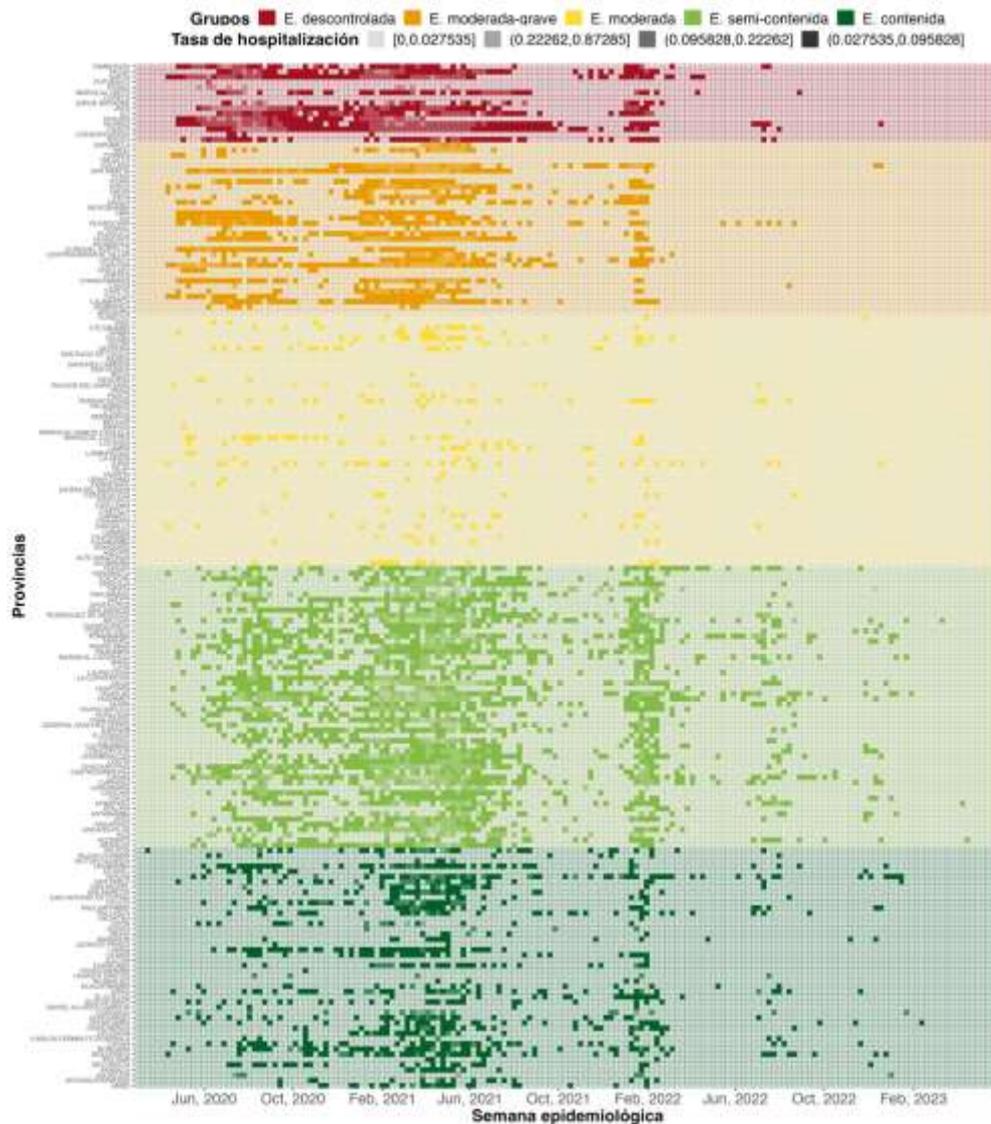
En la figura 9, es notable que la agrupación 5 exhibe la tasa más alta durante la primera ola, mientras que las demás agrupaciones experimentaron un aumento abrupto en los casos a partir de la tercera ola. Además, se evidencia que, en la quinta ola, la agrupación 1 presentan más semanas epidemiológicas con valores bajos de incidencia acumulada de casos en comparación con las demás agrupaciones.

**Figura 10.** Gráfico de intensidad de la tasa de mortalidad por agrupación a nivel provincial durante la pandemia de COVID-19.



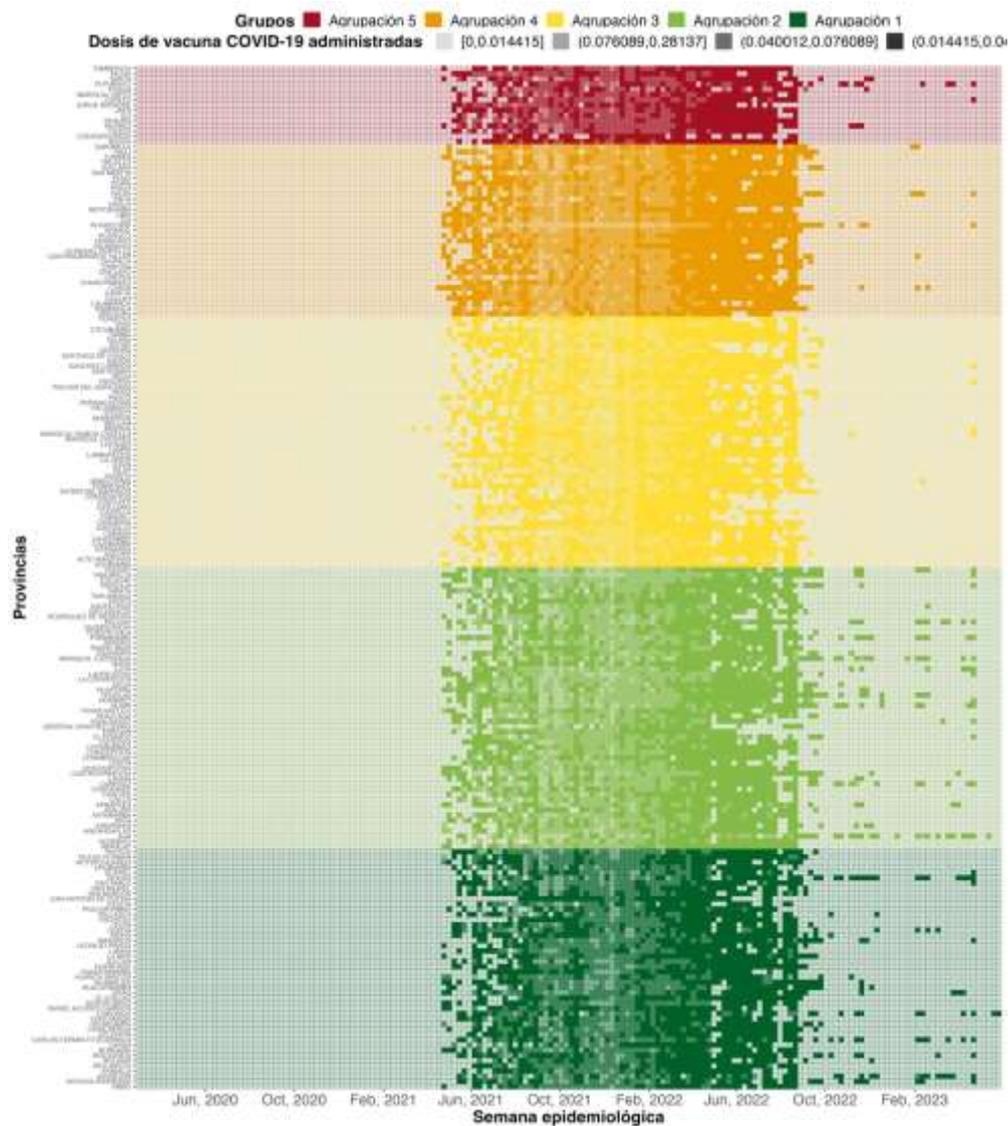
En la figura 10, se puede observar que en la primera y segunda ola hubo una mayor tasa de mortalidad en todas las agrupaciones, liderando la agrupación 5 y la agrupación 4, y que al terminar la segunda ola hubo una disminución notable de casos, mostrando un ligero aumento en la tercera ola y volviendo a bajar hasta el final de la pandemia.

**Figura 11.** Gráfico de intensidad de la tasa de hospitalización por agrupación a nivel provincial durante la pandemia de COVID-19.



En la Figura 11 se muestra que la agrupación 3 tiene pocas semanas epidemiológicas con altos valores en la tasa de hospitalización y las agrupaciones 4 y 5, a pesar de mostrar tasas de hospitalización altas durante las tres primeras olas, estas disminuyen notablemente durante la cuarta y quinta ola.

**Figura 12.** Gráfico de intensidad de las dosis de vacuna COVID-19 administradas por agrupación a nivel provincial durante la pandemia de COVID-19 a nivel provincial.



La Figura 12 muestra que todas las agrupaciones tuvieron el promedio de las dosis de vacuna COVID-19 administradas similar, sin embargo, la agrupación 3 y la agrupación 4 evidencian una disminución en sus dosis de vacuna COVID-19 administradas respecto a las otras agrupaciones al finalizar la cuarta ola.

- **Descripción de las agrupaciones**

Se generaron gráficos de cajas y bigotes para visualizar la distribución de los departamentos y las provincias respecto a la incidencia acumulada de casos y la tasa de mortalidad por agrupación (ANEXOS 17 y 18). Estas figuras nos muestran la distribución de la incidencia acumulada de casos y la tasa de mortalidad promedio por agrupación y departamento durante el periodo de estudio, exhibiendo niveles muy elevados en ciertos intervalos de tiempo breve, aunque en la mayoría de las semanas epidemiológicas no se registraron casos por COVID-19 en todos los departamentos. Este fenómeno también se evidencia en el gráfico de líneas (Figura 5).

De los 24 departamentos del Perú, únicamente tres de ellos (Callao, Ica y Tumbes) agruparon todas sus provincias en una sola agrupación, correspondientes a la agrupación 3. Por otro lado, el departamento de Cajamarca fue el único que incluyó todas sus provincias en diferentes agrupaciones. Entre las agrupaciones identificadas, las agrupaciones con menos impactos negativos durante la pandemia se caracterizan por incluir muy pocas o ninguna ciudad capital de departamento entre las provincias que los integran; "Agrupación 1" (0 capitales) y "Agrupación 2" (03 capitales). Sin embargo, las provincias que sufrieron las epidemias con consecuencias más graves incluyen un mayor número de ciudades capitales de

departamento en las provincias que los integran, “Agrupación 5” (06 capitales) y “Agrupación 4” (15 capitales).

Entre las características socioeconómicas se observa que, en todas las agrupaciones, la mayor parte de la población está afiliada al Seguro Integral de Salud (SIS) (46% y 75%); entre el 14% y el 25% de la población no está afiliada a algún seguro de salud. El resto de la población está afiliada a EsSalud y al seguro de fuerzas armadas o policiales, privado u otro. A continuación, se mostrarán las características de cada agrupación tomando en cuenta las variables epidemiológicas (Tabla 2) y socioeconómicas (Tabla 3). Aquí podemos observar a detalle el valor que tuvo cada agrupación en cada una de las 34 métricas evaluadas. Al ser estas tablas extensas, para tener una imagen más global y mayor comprensión de cómo se generaron las agrupaciones, se seleccionaron las variables epidemiológicas y socioeconómicas más representativas y se presentan en tablas en los ANEXOS 15 y 16. Para evidenciar la intensidad de cada variable se usó una paleta de colores que tiene de referencia a un semáforo, en la que, el color rojo representa el valor más alto de la tasa, seguido del color anaranjado, amarillo, verde claro y, finalmente, la tasa con el menor valor con verde oscuro. En el caso de las dosis administradas por habitante mostradas en el ANEXO 15 se utilizó el color morado con variación de intensidad de color para referencias que, mientras el color sea más oscuro, la cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas es menor, y, mientras el color sea más claro, es mayor la cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante. En el caso de la densidad poblacional mostrada en el ANEXO 16, se utilizó el color morado con variación de intensidad de color para referencias que, mientras el color sea más oscuro, la densidad poblacional es mayor, y, mientras el color sea más

claro, la densidad poblacional es menor. Los departamentos y provincias que componen cada agrupación están detallados en la Tabla 4. En las siguientes descripciones, la incidencia acumulada de casos estará representada por casos por 100,000 habitantes, la tasa de mortalidad por hospitalizados por 1000 habitantes, la tasa de hospitalización por hospitalizados por 1000 habitantes y las dosis de vacuna COVID-19 administradas por habitante.

La distribución de los datos de la incidencia acumulada de casos y la tasa de mortalidad por agrupación se pueden observar en los ANEXOS 17 y 18, respectivamente. También se puede apreciar la disposición de las provincias en cada agrupación.

- **Agrupación 1:**

Esta agrupación comprende 15 departamentos y 46 provincias y es la menos afectado por la pandemia. Presenta la menor incidencia acumulada de casos (4927.10), la menor tasa de mortalidad (2.94), la segunda menor tasa de hospitalización (1.63), y la tercera mayor cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas (2.88) durante todo el periodo.

En términos socioeconómicos, esta agrupación presenta una serie de características distintivas: En lo que respecta al acceso al saneamiento básico, destaca por tener el índice más bajo, con tan solo un 36.46% de viviendas conectadas a una red pública de desagüe, ya sea dentro o fuera de las edificaciones. Por otro lado, muestra el mayor porcentaje de hogares que carecen de un sistema de desagüe y dependen de pozos sépticos, tanques sépticos, biodigestores, letrinas o pozos ciegos, alcanzando un 45.73%. Además, tiene el valor más alto (17.81%) de hogares que no cuentan

con un sistema de desagüe y utilizan ríos, acequias, canales, áreas al aire libre u otras alternativas similares.

Presenta la menor disponibilidad de refrigeradoras o congeladoras en las provincias que lo componen, con tan solo un 8.55% de cobertura.

En cuanto a salud, exhibe los niveles más bajos de afiliación a EsSalud, con un 9.55%, y de no afiliaciones a algún seguro (14.01%), siendo el SIS la principal opción de cobertura, con un 75.44%. Sin embargo, a nivel económico, esta agrupación muestra el mayor índice de pobreza monetaria, alcanzando un 41.38%. También presenta el menor índice de IDH, con un valor de 0.36, y la densidad poblacional más baja, con tan solo 14.73 personas por Km<sup>2</sup>.

**Tabla 2: Métricas usadas para cada indicador epidemiológico para cada agrupación.**

| Métricas   | Agrupación 1   | Agrupación 2 | Agrupación 3 | Agrupación 4 | Agrupación 5    |
|--|----------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| <b>1. Incidencia acumulada de casos durante todo el periodo</b>                            | <b>4251.17</b> | 8503.76      | 8117.67      | 12665.04     | <b>19135.14</b> |
| 1.1. Incidencia semanal promedio durante todo el periodo                                   | 25.01          | 50.02        | 47.75        | 74.5         | 112.56          |
| 1.2. Incidencia semanal máxima durante todo el periodo                                     | 320.38         | 574.97       | 637.39       | 1041.86      | 1711.93         |
| 1.3. Desviación estándar de la incidencia semanal durante todo el periodo                  | 46.15          | 85.59        | 86           | 130.20       | 219.64          |
| 1.4. Rango de la incidencia semanal durante todo el periodo                                | 320.38         | 574.97       | 637.39       | 1041.85      | 1711.93         |
| 1.5. Mayor número de casos registrado por semana   | 79.46          | 81.58        | 80.07        | 92.33        | 75.47           |
| 1.6. Número de picos durante el periodo  | 4.26           | 4.1          | 3.52         | 3.10         | 4.13            |
| <b>2. Tasa de mortalidad durante todo el periodo</b>                                       | <b>2.85</b>    | 3.59         | 4.82         | <b>8.44</b>  | 6.19            |
| 2.1. Tasa de mortalidad promedio durante todo el periodo                                   | 0.02           | 0.02         | 0.03         | 0.05         | 0.04            |
| 2.2. Tasa de mortalidad máxima durante todo el periodo                                     | 0.21           | 0.23         | 0.32         | 0.38         | 0.42            |
| 2.3. Desviación estándar de la tasa de mortalidad durante todo el periodo                  | 0.04           | 0.04         | 0.05         | 0.08         | 0.07            |
| 2.4. Rango de la tasa de mortalidad durante todo el periodo                                | 0.21           | 0.23         | 0.32         | 0.38         | 0.42            |
| 2.5. Mayor número de fallecidos registrado por semana                                      | 38.61          | 44.59        | 32.57        | 32.67        | 17.93           |
| 2.6. Número de picos durante el periodo  | 4.57           | 4.66         | 4.22         | 3.3          | 4.27            |
| 2.7. Conteo de semanas epidemiológicas desde el 1er caso hasta el día de la primera muerte | 2.85           | 2.8          | 0.87         | 0.43         | 3.40            |
| 2.8. Tasa de letalidad (fallecidos sobre casos')   | 75.30          | 45.81        | 66.56        | 72.57        | 33.40           |
| <b>3. Tasa de hospitalización durante todo el periodo</b>                                  | <b>1.38</b>    | 4.36         | <b>0.48</b>  | 2.69         | <b>5.18</b>     |
| 3.1. Tasa de hospitalización promedio durante todo el periodo                              | 0.01           | 0.03         | 0            | 0.02         | 0.03            |

| <b>Métricas (continuación)</b>   | <b>Agrupación 1</b> | <b>Agrupación 2</b> | <b>Agrupación 3</b> | <b>Agrupación 4</b> | <b>Agrupación 5</b> |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 3.2. Tasa de hospitalización máxima durante todo el periodo  | 12.48               | 25.48               | 4.97                | 13.7                | 26.34               |
| 3.3. Desviación estándar de la tasa de hospitalización durante todo el periodo                         | 2.05                | 4.62                | 0.82                | 2.62                | 5.08                |
| 3.4. Rango de la tasa de hospitalización durante todo el periodo                                       | 12.48               | 25.48               | 4.97                | 13.7                | 26.34               |
| 3.5. Mayor número de hospitalizados registrado por semana  | 48.26               | 46.83               | 31.61               | 35.13               | 13.2                |
| 3.6. Conteo de semanas epidemiológicas desde el 1er caso hasta el día del primer hospitalizado         | 11.48               | 3.86                | 10.35               | 4.20                | 2.73                |
| 3.7. Tasa de hospitalizados sobre los casos  | 3657.67             | 5487.64             | 660.35              | 2364.13             | 2794.61             |
| <b>4. Dosis de vacuna COVID-19 administradas durante todo el periodo</b>                               | <b>2.87</b>         | <b>2.95</b>         | <b>2.61</b>         | <b>3.11</b>         | <b>2.72</b>         |
| 4.1. Dosis de vacuna COVID-19 administradas promedio durante todo el periodo                           | 0.02                | 0.02                | 0.02                | 0.02                | 0.02                |
| 4.2. Dosis de vacuna COVID-19 administradas máxima durante todo el periodo                             | 0.12                | 0.12                | 0.11                | 0.11                | 0.11                |
| 4.3. Mayor número de dosis de vacuna COVID-19 administradas registradas por semana                     | 76.13               | 75.98               | 78.17               | 78.53               | 81.07               |
| 4.4. Desviación estándar de las dosis de vacuna COVID-19 administradas durante todo el periodo         | 0.02                | 0.02                | 0.02                | 0.02                | 0.02                |
| 4.6. Rango de las dosis de vacuna COVID-19 administradas durante todo el periodo                       | 0.12                | 0.12                | 0.11                | 0.11                | 0.11                |
| 4.7. Conteo de semanas epidemiológicas desde el 1er caso hasta el día de la primera dosis administrada | 39.76               | 39.05               | 37.85               | 35.53               | 36.6                |
| 4.8. Promedio del índice de Hoover (casos) a nivel semanal   | 54.94               | 48.39               | 45.25               | 32.9                | 27.76               |
| 4.9. Promedio del índice de Hoover (fallecidos) a nivel semanal  | 66.45               | 65.68               | 58.76               | 43.51               | 39.28               |
| 4.10. Semana en la que el conteo de casos alcanzó al 1% de la población                                | 47.65               | 35.1                | 31.65               | 18.47               | 19.73               |

**Tabla 3: Indicadores socioeconómicos usados para la descripción de cada agrupación.**

| Tipo                   | Variables socioeconómicas  | Agrupación 1  | Agrupación 2  | Agrupación 3  | Agrupación 4  | Agrupación 5  |
|------------------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Vivienda</b>        | Servicio de agua diario  | 84.58%        | <b>85.28%</b> | <b>78.58%</b> | 79.82%        | 83.76%        |
|                        | Red pública dentro de la vivienda, o fuera, pero dentro de la edificación            | 68.00%        | 68.36%        | 65.96%        | <b>79.58%</b> | <b>62.39%</b> |
|                        | Abastecimiento diario de agua por camión cisterna, manantial, río, acequia u otro    | 12.99%        | 12.77%        | 14.64%        | <b>9.99%</b>  | <b>18.10%</b> |
|                        | Abastecimiento de agua por pilón   | 5.60%         | 4.77%         | 4.67%         | <b>3.82%</b>  | <b>6.69%</b>  |
|                        | Abastecimiento de agua por pozo  | 13.41%        | 14.10%        | <b>14.74%</b> | <b>6.61%</b>  | 13.65%        |
|                        | Red pública de desagüe dentro de la vivienda, o fuera, pero dentro de la edificación | <b>36.46%</b> | 40.14%        | 43.21%        | <b>66.77%</b> | 53.09%        |
|                        | Sin desagüe, uso de pozo séptico, tanque séptico o biodigestor, letrina, pozo ciego  | <b>45.73%</b> | 42.90%        | 40.93%        | <b>25.93%</b> | 34.99%        |
|                        | Sin desagüe, uso de río, acequia, canal, campo abierto, aire libre u otro            | <b>17.81%</b> | 16.96%        | 15.87%        | <b>7.30%</b>  | 11.92%        |
| <b>Hogar</b>           | Poseen refrigeradora o congeladora   | <b>8.55%</b>  | 12.17%        | 19.43%        | <b>46.84%</b> | 39.26%        |
| <b>Seguro</b>          | Afiliado a EsSalud   | <b>9.55%</b>  | 10.98%        | 15.60%        | <b>25.26%</b> | 21.67%        |
|                        | Afiliado a SIS   | <b>75.44%</b> | 71.95%        | 61.87%        | <b>45.47%</b> | 52.41%        |
|                        | Afiliado al seguro de fuerzas armadas o policiales, privado u otro                   | <b>0.84%</b>  | 1.25%         | 1.47%         | 3.37%         | <b>3.57%</b>  |
|                        | Afiliado a más de un seguro  | <b>0.16%</b>  | 0.37%         | 0.28%         | <b>0.62%</b>  | 0.55%         |
|                        | No está afiliado a algún seguro  | <b>14.01%</b> | 15.45%        | 20.78%        | <b>25.28%</b> | 21.80%        |
| <b>Calidad de vida</b> | Pobreza monetaria  | <b>41.38%</b> | 34.45%        | 34.57%        | <b>15.49%</b> | 21.82%        |
|                        | Necesidades Básicas Insatisfechas  | 35.56%        | 35.23%        | 33.77%        | <b>23.96%</b> | <b>35.69%</b> |
|                        | Índice de Desarrollo Humano  | <b>0.36</b>   | 0.39          | 0.43          | <b>0.56</b>   | 0.52          |
| <b>Población</b>       | Densidad poblacional (personas/Km <sup>2</sup> )                                     | <b>14.73</b>  | 43.02         | 36.91         | <b>149.27</b> | 57.05         |

**Tabla 4. Distribución de los departamentos y las provincias en las cinco agrupaciones.**

| Agrupación 1   | Agrupación 2  | Agrupación 3  | Agrupación 4   | Agrupación 5   |
|--|---|---|--|--|
| <p><b>Amazonas:</b> Bongara<br/> <b>Ancash:</b> Antonio Raymondi, Asuncion, Bolognesi, Carlos Fermin Fitzcarrald, Corongo, Ocros, Pallasca, Sihuas<br/> <b>Apurímac:</b> Chincheros, Grau<br/> <b>Ayacucho:</b> Huanca Sancos, La Mar, Victor Fajardo, Vilcas Huaman<br/> <b>Cajamarca:</b> Celendin, Contumaza, San Marcos, San Miguel, San Pablo<br/> <b>Cusco:</b> Canas, Paucartambo, Urubamba<br/> <b>Huancavelica:</b> Churcampa<br/> <b>Huánuco:</b> Ambo, Dos De Mayo, Huacaybamba, Huamalies, Leoncio Prado, Maranon, Pachitea<br/> <b>La Libertad:</b> Bolivar, Julcan<br/> <b>Lima:</b> Oyon, Yauyos<br/> <b>Loreto:</b> Ucayali<br/> <b>Pasco:</b> Daniel Alcides Carrion<br/> <b>Piura:</b> Ayabaca, Huancabamba<br/> <b>Puno:</b> El Collao, Huancane, Moho, San Antonio De Putina<br/> <b>San Martín:</b> Bellavista, Lamas, Picota</p> | <p><b>Amazonas:</b> Chachapoyas, Luya, Rodriguez De Mendoza<br/> <b>Ancash:</b> Aija, Carhuaz, Casma, Huari, Huarmey, Huaylas, Mariscal Luzuriaga, Pomabamba, Recuay, Yungay<br/> <b>Apurímac:</b> Abancay, Andahuaylas, Antabamba, Aymaraes, Cotabambas<br/> <b>Cajamarca:</b> Chota, Cutervo, Hualgayoc, San Ignacio, Santa Cruz<br/> <b>Cusco:</b> Acomayo, Anta, Calca, Canchis, Chumbivilcas, Espinar, La Convencion, Paruro, Quispicanchi<br/> <b>Huancavelica:</b> Angaraes, Castrovirreyna, Huancavelica, Huaytara, Tayacaja<br/> <b>Huánuco:</b> Lauricocha, Puerto Inca, Yarowilca<br/> <b>Junín:</b> Concepcion, Jauja, Satipo<br/> <b>Madre De Dios:</b> Manu, Tahuamanu<br/> <b>Moquegua:</b> General Sanchez Cerro<br/> <b>Pasco:</b> Oxapampa<br/> <b>San Martín:</b> El Dorado, Huallaga, Tocache<br/> <b>Tacna:</b> Candarave, Tarata<br/> <b>Ucayali:</b> Atalaya, Padre Abad</p> | <p><b>Amazonas:</b> Utcubamba<br/> <b>Arequipa:</b> Camana, Caraveli, Castilla, Caylloma, Condesuyos, Islay, La Union<br/> <b>Ayacucho:</b> Cangallo, Huanta, Lucanas, Parinacochas, Paucar Del Sara Sara, Sucre<br/> <b>Cajamarca:</b> Cajabamba<br/> <b>Huancavelica:</b> Acobamba<br/> <b>Junín:</b> Junin, Tarma<br/> <b>La Libertad:</b> Ascope, Gran Chimu, Otuzco, Pacasmayo, Pataz, Sanchez Carrion, Santiago De Chuco, Viru<br/> <b>Lambayeque:</b> Ferrenafe, Lambayeque<br/> <b>Lima:</b> Cajatambo<br/> <b>Loreto:</b> Alto Amazonas, Datem Del Maranon, Mariscal Ramon Castilla, Maynas, Requena<br/> <b>Pasco:</b> Pasco<br/> <b>Piura:</b> Morropon, Sechura, Talara<br/> <b>Puno:</b> Azangaro, Carabaya, Chucuito, Lampa, Melgar, San Roman, Sandia, Yunguyo<br/> <b>San Martín:</b> Mariscal Caceres, Rioja</p> | <p><b>Arequipa:</b> Arequipa<br/> <b>Ayacucho:</b> Huamanga<br/> <b>Cajamarca:</b> Cajamarca<br/> <b>Callao:</b> Callao<br/> <b>Huánuco:</b> Huánuco<br/> <b>Ica:</b> Chincha, Ica, Nasca, Palpa, Pisco<br/> <b>Junín:</b> Chanchamayo, Chupaca, Huancayo, Yauli<br/> <b>La Libertad:</b> Chepen, Trujillo<br/> <b>Lambayeque:</b> Chiclayo<br/> <b>Lima:</b> Barranca, Canete, Canta, Huarochiri, Lima<br/> <b>Piura:</b> Paita, Piura, Sullana<br/> <b>Puno:</b> Puno<br/> <b>San Martín:</b> Moyobamba, San Martin<br/> <b>Tumbes:</b> Contralmirante Villar, Tumbes, Zarumilla<br/> <b>Ucayali:</b> Coronel Portillo</p> | <p><b>Amazonas:</b> Bagua, Condorcanqui<br/> <b>Ancash:</b> Huaraz, Santa<br/> <b>Cajamarca:</b> Jaen<br/> <b>Cusco:</b> Cusco<br/> <b>Lima:</b> Huaura<br/> <b>Loreto:</b> Loreto, Putumayo<br/> <b>Madre De Dios:</b> Tambopata<br/> <b>Moquegua:</b> Ilo, Mariscal Nieto<br/> <b>Tacna:</b> Jorge Basadre, Tacna<br/> <b>Ucayali:</b> Purus</p> |

Las capitales de Departamento están resaltadas con color amarillo.

- **Agrupación 2:**

Esta agrupación comprende 14 departamentos y 54 provincias. Tuvo una incidencia acumulada de casos (8122.55) y cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas (3) promedio similar a la agrupación 3, y una tasa de mortalidad (3.51) similar a la agrupación 1. Sin embargo, tiene la segunda tasa más alta de hospitalización (4.61) respecto a las otras agrupaciones.

En términos socioeconómicos, esta agrupación carece de características sobresalientes, pero se destaca por tener el índice más alto (85.28%) de suministro diario de agua y una densidad poblacional de 43.02 personas/Km<sup>2</sup>, valor intermedio en referencia a la agrupación 1 y la agrupación 3.

- **Agrupación 3:**

Esta agrupación comprende 14 departamentos y 48 provincias. Tuvo una incidencia acumulada de casos (7524.74) y tasa de mortalidad (4.66) promedio y similar a la agrupación 2, sin embargo, tiene la menor tasa de hospitalización (0.54) y de cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas (2.61).

Una característica socioeconómica destacada es que esta agrupación presenta el índice más bajo de abastecimiento diario de agua (78.58%) y, al mismo tiempo, registra el índice más alto de abastecimiento diario de agua proveniente de pozos (14.74%).

- **Agrupación 4:**

Esta agrupación comprende 15 departamentos y 33 provincias, dos de estos departamentos, Ica y Tumbes, tienen a todas sus provincias en esta agrupación.

Es la segunda agrupación más afectada por la pandemia al presentar la segunda mayor incidencia acumulada de casos (12916.96), la mayor tasa de mortalidad

(8.08), la tercera mayor tasa de hospitalización (2.50) y la mayor cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas (3.05).

Desde una perspectiva socioeconómica, esta agrupación sobresale en varios aspectos clave: En términos de acceso al agua, presenta el índice más alto (79.58%) de viviendas con acceso a una red pública, ya sea dentro o fuera de las edificaciones. Al mismo tiempo, registra el menor porcentaje de abastecimiento diario de agua a través de camiones cisterna, manantiales, ríos, acequias u otras fuentes alternativas, con apenas un 9.99%. Además, es la zona con el menor porcentaje de suministro diario de agua proveniente de pozos, con un 6.61%.

En lo que respecta al saneamiento básico, esta agrupación se destaca por tener la mayor proporción de viviendas conectadas a una red pública de desagüe, tanto dentro como fuera de las viviendas, con un índice del 66.77%. A la vez, presenta el menor porcentaje de hogares que carecen de un sistema de desagüe y dependen de pozos sépticos, tanques sépticos, biodigestores, letrinas o pozos ciegos, con un 25.93%. También es la agrupación con el menor porcentaje de hogares que utilizan ríos, acequias, canales, áreas al aire libre u otras alternativas similares para el desagüe, con tan solo un 7.30%.

En cuanto a la posesión de refrigeradoras o congeladoras, esta área se destaca con el mayor porcentaje, alcanzando un 46.84%. Además, cuenta con el mayor porcentaje de personas afiliadas a EsSalud, que representa el 25.26% de la población, y el mayor porcentaje de personas sin afiliación a ningún tipo de seguro, que llega al 25.28%. En contraste, tiene el índice más bajo de afiliados al Seguro Integral de Salud (SIS), con un 45.47%.

En términos de bienestar económico, presenta el nivel más bajo de pobreza monetaria, con tan solo un 15.49%, y el menor índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), que se sitúa en un 23.96%. Además, esta área ostenta el índice más alto de Desarrollo Humano (IDH), que alcanza un valor de 0.56, y la mayor densidad poblacional, con una cifra de 149.27 personas por Km<sup>2</sup>.

- **Agrupación 5:**

Esta agrupación comprende 10 departamentos y 15 provincias. Es el que se muestra más afectado por la pandemia al presentar la mayor incidencia acumulada de casos (19249.21), la segunda mayor tasa de mortalidad (6.10), la mayor tasa de hospitalización (5.40), y la segunda menor cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas (2.70) durante todo el periodo.

Esta área se distingue por varias características socioeconómicas notables: En cuanto al acceso al agua, presenta el porcentaje más bajo (62.39%) de viviendas con conexión a una red pública, tanto dentro como fuera de las edificaciones. En contraste, destaca por tener la cifra más alta (18.10%) de abastecimiento diario de agua a través de camiones cisterna, manantiales, ríos, acequias u otras fuentes alternativas.

Adicionalmente, esta agrupación resalta por tener el mayor porcentaje de Necesidades Básicas Insatisfechas (35.69%), y la segunda menor posición en términos de pobreza monetaria (21.82%). Además, posee la segunda densidad poblacional más alta (57.05 personas por Km<sup>2</sup>) en comparación con las otras agrupaciones descritos en este estudio.

## **VI. DISCUSIÓN**

En este estudio, hemos analizados la incidencia acumulada de casos, la tasa de mortalidad, la tasa de hospitalización y la cantidad de dosis de vacuna COVID-19 administradas en Perú con el objetivo de estudiar de manera cuantitativa la progresión de la pandemia COVID-19. Se detectaron cinco olas o picos marcados a lo largo de la pandemia, con notables agrupaciones de contagios y fallecimientos. La pandemia no se ha manifestado de manera uniforme en todo el país, lo que significa que no ha habido un patrón único de propagación de la enfermedad, identificándose 5 agrupaciones. Se observó una marcada variabilidad geográfica principalmente en la región de la sierra central del país, con predominancia de las agrupaciones 1 y 2. Se puede deducir que la respuesta del estado no fue uniforme en todos los Departamentos y Provincias del Perú, lo que contribuyó a la aparición de los diferentes patrones epidemiológicos descritos en este estudio. Este estudio nos permite categorizar y caracterizar las provincias del Perú mediante diferentes indicadores epidemiológicos, revelando tendencias que podrían servir como punto de partida para futuras investigaciones. Estas clasificaciones podrían integrarse a futuras estrategias para la prevención y el control de enfermedades similares como diseñar estrategias específicas de prevención y control identificando áreas con alta incidencia de casos y fallecidos, diseñar programas de educación y promoción de la salud adaptados a las necesidades específicas de cada agrupación, priorizar la asignación de recursos en base a necesidades socioeconómicas y/o demográficas, implementar sistemas de vigilancia epidemiológica más precisos y focalizados en áreas con mayor riesgo, lo que nos permitiría una detección temprana de brotes y una respuesta más rápida, entre otras.

Muchas de las provincias que pertenecen a las agrupaciones 1 y 2 tienen condiciones socioeconómicas con características de zonas rurales y semi rurales como poca densidad poblacional y pocas capitales de departamento entre sus provincias, con contacto interpersonal limitado y una menor utilización de espacios para transmisión; característica principal descrita como barrera para la propagación de la enfermedad<sup>32</sup>. No obstante, es crucial destacar la limitada accesibilidad a la atención médica en estas regiones, característico de zonas rurales con limitado acceso a servicios de salud e instalaciones básicas de atención, principalmente de tipo I.1 (puesto o posta de salud)<sup>33</sup>. Sin embargo, debido a las características sociodemográficas de esta agrupación, las condiciones básicas del sistema de salud en estas provincias no tuvieron un rol tan importante en el desarrollo de la pandemia como lo fue en zonas con una densidad poblacional más elevada. Por otro lado, la agrupación 3 tiene características intermedias entre todas las agrupaciones descritas, sin embargo, resalta por su baja tasa de hospitalización y vacunación, y el índice más bajo de abastecimiento diario de agua.

Las provincias con peores consecuencias en la pandemia como las agrupaciones 4 y 5 presentan capitales de departamento en las provincias que los integran. Esto podría explicarse debido a que estas ciudades tienen un mayor tamaño poblacional por su importancia socioeconómica. La agrupación 5 tiene condiciones socioeconómicas que implicaban salir de casa como tener mayor NBI y mayor abastecimiento de agua diario por medio de camión cisterna y otros, teniendo mayor interacción con personas y mayor posibilidad de contagiarse y propagar el virus. Mientras la agrupación 4 presenta mayores características de zonas urbanas, por lo que, las actividades económicas impidieron la reducción de la movilización de la

población, dando como resultado un escenario propicio para la continua propagación del virus<sup>34</sup>. Resultados similares fueron reportados en grandes ciudades alrededor del mundo, donde tasas de incidencia y mortalidad elevadas estuvieron relacionadas a ciudades con densidades poblacionales elevadas<sup>35,36</sup>, sin embargo, también se deben considerar otros factores que pueden estar influenciando como indicadores socioeconómicos, el sistema de salud y el cumplimiento de las medidas de contención de la enfermedad<sup>5,11,12,37</sup>.

Además de esta diversidad en el comportamiento de la pandemia, la respuesta del estado Peruano respecto a hospitalización y vacunación ha sido distinta en los diferentes departamentos y provincias del país priorizando la ciudad de Lima por albergar el 29,7% de la población nacional<sup>38</sup> y estableciendo estrategias de implementación de recursos y un esquema de vacunación escalonado y progresivo a lo largo del territorio<sup>39</sup> lo cual causó que la respuesta inmediata de prevención y control demorara en llegar a algunas provincias del país. Por otra parte, la saturación y colapso del sistema de salud en las principales ciudades, sumado a este contexto, la desinformación llevó a la población a utilizar tratamientos que no estaban, ni están científicamente validados, dando una falsa sensación de seguridad<sup>3</sup>.

También se pudo observar que, durante los meses posteriores al inicio de la vacunación en Perú, se produjo una disminución en las tasas de mortalidad y de hospitalización. Sin embargo, se observó un aumento exponencial y vertiginoso en la incidencia acumulada de casos durante la siguiente ola en Perú<sup>40</sup>. Esto llevó a plantear la hipótesis de que muchas personas, al estar vacunadas, redujeron su nivel de precaución con respecto a la enfermedad teniendo como resultado un elevado número de casos con un menor número de pacientes hospitalizados y fallecidos.

Asimismo, es importante considerar el potencial genético y evolutivo de las infecciones virales, principalmente en la mutación del virus y la aparición de nuevas variantes, ya que esto añade un nivel significativo de complejidad a la gestión de esta enfermedad<sup>41</sup>. Diversas variantes presentaron diversas particularidades, como una mayor capacidad de transmisión o un aumento en la letalidad<sup>42,43</sup>. Debido a estas diferencias, se categorizaron las variantes en diversas agrupaciones, y a lo largo de la pandemia, Perú se encontró con varias de estas variantes<sup>44</sup>. En consecuencia, a medida que se introducían nuevas variantes en Perú, la incidencia de casos y la tasa de mortalidad experimentaban modificaciones<sup>45,46</sup>. En tal sentido, en Perú, la variante Delta fue identificada en mayo del 2021 alcanzando su pico en enero del 2022, y la variante Ómicron fue identificada en diciembre del 2021 teniendo su primer pico en enero del siguiente año<sup>46</sup>. Ambos picos coinciden con el inicio del brote identificado como tercera ola en Perú. Por lo que podemos inferir que fueron las responsables de la elevada incidencia observada en ese periodo por las características atribuidas a dichas variantes.

Un estudio realizado en Brasil utilizó un enfoque metodológico parecido al nuestro al emplear el agrupamiento jerárquico para clasificar sus estados. Esta aproximación resaltó la rápida expansión de casos y fallecimientos en el país, además de poner en evidencia las diferencias entre sus agrupaciones, y estos hallazgos fueron aplicados a la situación real de este país<sup>2</sup>. Dicho estudio ha identificado el desarrollo de diversas y simultáneas epidemias de COVID-19 en todo el país durante un periodo determinado. Esto podría deberse a que ambos países comparten similitudes como desigualdades en la distribución y calidad de recursos en todo el territorio, una alta densidad poblacional, y, además, en ambos

casos, la falta de alineación y coordinación política, lo que ha impedido una gobernanza efectiva a nivel nacional, evidenciándose durante los primeros cuatro meses de la pandemia, con tres sustituciones de ministerios de salud y cinco presidentes a lo largo de la pandemia<sup>37,47</sup>.

En contraste, otros estudios con un enfoque parecido al nuestro han utilizado diferentes metodologías. Por ejemplo, en un estudio en Bangladesh optaron por el análisis de agrupamiento espaciotemporal<sup>48</sup>, en Selangor por el método de puntos críticos y mínimos cuadrados ordinarios<sup>49</sup>, y en un estudio en China optaron por el método del cubo espacio-temporal<sup>50</sup>. Estos estudios identificaron grupos heterogéneos, puntos calientes de la enfermedad y patrones de brotes a nivel espacial y temporal. Mientras que en estudios realizados en Malasia y Estados Unidos, aplicaron el método de agrupación con SaTScan<sup>14,51</sup>. La diferencia fundamental entre ambos estudios radica en su enfoque temporal. El primer estudio analizó retrospectivamente la propagación del virus, identificando que los grupos de casos se movían de oeste a este, evidenciando una rápida expansión. En contraste, el segundo estudio empleó la agrupación de manera prospectiva, detectando grupos activos y emergentes.

Todos estos estudios se han llevado a cabo durante un periodo específico de la pandemia, lo que es valioso para entender la situación de manera puntual. No obstante, este estudio tiene un enfoque integral, el cual se extiende a lo largo de todo el periodo de la pandemia, lo que nos permite analizar la evolución completa de la enfermedad a lo largo del tiempo. En contraste con los otros estudios encontrados, la técnica que hemos empleado no es la más convencional entre los estudios de agrupación. Sin embargo, creemos que es la elección más adecuada

debido a su capacidad para mantener un análisis robusto ante datos inusuales, como los que se encuentran en nuestros conjuntos de datos. Esto es especialmente importante considerando las diferencias sociales y demográficas de nuestro país. A pesar de la complejidad inherente al análisis, esta técnica nos proporciona una comprensión clara y una interpretación precisa de cómo se generan los grupos, y nos permite guiar el proceso de agrupación según diversos criterios, que pueden variar según la realidad específica del lugar en estudio. Asimismo, todos resultados aportan a la obtención de datos esenciales que serán útiles en la planificación de una asignación de recursos más efectiva en el futuro, así como en el ajuste de restricciones de acuerdo con la ubicación geográfica.

Este estudio presentó algunas limitaciones. A pesar de los esfuerzos por incluir la mayor cantidad posible de datos sobre casos, fallecimientos, hospitalizaciones y dosis de vacuna COVID-19 administradas, en el proceso de limpieza de datos, se perdió un porcentaje de registros debido a registros inadecuados o incompletos, inconsistencias o la falta de cumplimiento de los criterios establecidos en este estudio, los cuales fueron retirados para mitigar los efectos adversos producidos por la inclusión de estos registros, perdiéndose en promedio menos del 5% de los registros. Por lo tanto, el análisis es realizado sobre el 95% de los registros y son lo suficientemente robustos para sustentar los resultados y las conclusiones obtenidas. Respecto a los casos confirmados de COVID-19, es importante considerar que la cobertura diagnóstica no fue la misma en todo el periodo de la pandemia. Esta falta de uniformidad en la capacidad de diagnóstico entre regiones y a lo largo del tiempo plantea que, probablemente numerosos casos no hayan sido detectados y, por lo tanto, no hayan sido registrados en las estadísticas oficiales, principalmente al inicio

de la pandemia. Uno de los principales aspectos que pudieron estar causando esta falta de uniformidad es la cantidad de recursos disponibles en el sistema de salud y el grado en que los profesionales médicos siguen las pautas establecidas para informar sobre los casos, pudiendo haber afectado la precisión y la cantidad de los datos reportados sobre casos de COVID-19. Esta falta de precisión también podría no reflejar la verdadera magnitud de la enfermedad en todas las provincias como se observa en la Tabla 4, debido a la heterogeneidad de las características socioeconómicas y demográficas de cada provincia. Es crucial mejorar la equidad en el acceso a pruebas, garantizar una mayor utilización de estas y fortalecer la capacidad de reporte de datos en todas las regiones y durante todo el curso de una pandemia. Esto podría implicar la implementación de políticas que promuevan la distribución equitativa de recursos y la estandarización de protocolos de prueba y reporte en todo el país. En este estudio se utilizó la fecha de diagnóstico como referencia, aunque esta no coincide necesariamente con la fecha de inicio de síntomas, lo que podría generar un retraso de 3 a 7 días en la presentación de los datos. También debemos considerar el subregistro de casos asintomáticos y sintomáticos leves que no fueron atendidos, y por consecuencia no fueron reportados.

Para la tasa de mortalidad, es importante considerar el subregistro que resulta de excluir defunciones con diagnósticos menos certeros.

En cuanto a los registros de hospitalizados, diversos factores influyen directamente en la estimación de esta tasa como la capacidad hospitalaria de los centros, la disponibilidad de camas de hospitalización y UCI principalmente en periodos de sobre demanda. Por otra parte, la confianza de la población en el sector salud y la

distancia al centro de salud también son factores que influyen directamente sobre este indicador. Algunas provincias carecen de acceso directo a centros hospitalarios o se encuentran a distancias considerablemente largas, lo que genera un subregistro de los casos y del número de hospitalizados por COVID-19. Con relación a la información obtenida sobre las hospitalizaciones, reconocemos que la demanda de hospitalización durante la pandemia fue mayor a la capacidad instalada consecuencia del colapso del sistema de salud, en especial de los hospitales, esto produjo que muchas personas hayan necesitado ser hospitalizadas, pero no lograron conseguir una cama de hospitalización tanto en el nivel público como privado. Por lo que creemos que las tasas de hospitalización calculadas son menores con respecto a la real demanda de hospitalización que ocurrió en el Perú sobre todo durante la primera y la segunda ola. También es importante considerar la falta de recursos de la población para movilizarse o la saturación de los centros hospitalarios.

Respecto al conjunto de datos de dosis de vacuna COVID-19 administradas, la ausencia del ubigeo del domicilio generó un gran reto al momento de procesar los datos, ya que muchas personas obtuvieron una o más dosis en alguna provincia o departamento distinto al de su domicilio.

Este estudio presenta un enfoque epidemiológico que tiene como objetivo respaldar los programas de control y vigilancia para futuros brotes, además de servir como base para respuestas tempranas a brotes de la pandemia de COVID-19, de otras enfermedades de similar transmisión y en países con perfiles socioeconómicos y geográficos similares a Perú. Además, puede ser utilizado como base para la realización de investigaciones de modelamiento<sup>52,53</sup>. Por último, este análisis es importante porque destaca la importancia de asignar recursos de manera estratégica

en regiones que presentan diferentes patrones de evolución, ya que cada agrupación requiere un abordaje específico.

## **VII. CONCLUSIONES**

Este estudio proporciona un análisis cuantitativo de la progresión de la pandemia a nivel departamental y provincial.

- El análisis jerárquico aglomerativo permite analizar el impacto diferenciado de la pandemia en el Perú utilizando el conjunto de bases de datos actualmente disponibles.
- La incidencia acumulada de casos y la tasa de mortalidad no fueron uniformes en todas las regiones del Perú.
- No se identificó un patrón único de epidemias, sin embargo, se puede observar un patrón geográfico distintivo en la región de la sierra central, representado por las agrupaciones 1 y 2, las cuales casi no incluyen capitales de departamento y tienen menor actividad económica, lo que se traduce en una población menos densa, reduciendo el riesgo de propagación del virus.
- Las provincias con mayor grado de urbanización y tamaño de población pertenecientes a las agrupaciones 4 y 5, presentaron consecuencias más graves en la pandemia, e incluyen provincias con capitales de departamento. Estas agrupaciones tienen más zonas urbanas y mayor tamaño poblacional por su importancia económica.
- Este estudio muestra que utilizar conjunto de datos disponibles con herramientas de análisis por agrupaciones puede permitir monitorizar de una manera más detallada el comportamiento de nuestro país en futuras pandemias.

Asimismo, nos orienta hacia las áreas en las que deberíamos dirigir nuestros recursos y esfuerzos en función de los diversos indicadores examinados.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

Este trabajo presenta evidencia que ayuda a agrupar y caracterizar las provincias del Perú, y se sugiere:

- Utilizar análisis y métodos de agrupamiento basados en datos para poder tipificar las regiones del Perú en base a características socioeconómicas, demográficas, de comportamiento y otros aspectos que influyan en la propagación y el impacto del COVID-19 en diferentes regiones del país con el propósito de explorar posibles correlaciones con el incremento de casos y fallecimientos asociados a esta enfermedad.
- Implementar estrategias diferenciadas a nivel provincial, reconociendo las distintas características socioeconómicas de cada región. Dado el desafío logístico de abordar cada provincia individualmente, se recomienda utilizar agrupaciones para dirigir de manera más eficaz los recursos humanos y financieros, optimizando así la respuesta ante futuras pandemias.
- Generar agrupaciones considerando las variables consideradas en este estudio, pero sin considerar las provincias de Lima y Callado para poder saber si las demás provincias se mantienen en las mismas agrupaciones.
- Realizar un estudio de asociación para identificar las variables que podrían actuar como factores de riesgo para el aumento de casos y fallecimiento.
- Realizar estudios basados en modelos matemáticos que tengan en cuenta variables como la distancia a establecimientos de salud o número de pruebas

utilizadas por habitantes que ayuden a minimizar el efecto de las limitaciones observadas en el estudio.

- Realizar estudios dirigidos a determinar la cobertura diagnóstica real de COVID-19 en Perú.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Phelan, A. L., Katz, R. & Gostin, L. O. The Novel Coronavirus Originating in Wuhan, China: Challenges for Global Health Governance. *JAMA* **323**, 709 (2020).
2. Castro, M. C. *et al.* Spatiotemporal pattern of COVID-19 spread in Brazil. *Science* **372**, 821–826 (2021).
3. Schwalb, A., Armyra, E., Méndez-Aranda, M. & Ugarte-Gil, C. COVID-19 in Latin America and the Caribbean: Two years of the pandemic. *J. Intern. Med.* **292**, 409–427 (2022).
4. Munayco, C. V. *et al.* Early transmission dynamics of COVID-19 in a southern hemisphere setting: Lima-Peru: February 29th–March 30th, 2020. *Infect. Dis. Model.* **5**, 338–345 (2020).
5. Seminario, B., Palomino, L., Berrocal, V. & Gastiaburú, A. Determinantes de la evolución del número de casos y muertes por COVID-19 en el Perú: movilidad, geografía y desarrollo económico. *Apunt. Rev. Cienc. Soc.* **49**, 5–45 (2022).
6. Cáceres-Bernaola, U., Becerra-Núñez, C., Mendívil-Tuchía De Tai, S. & Ravelo-Hernández, J. Primer fallecido por COVID-19 en el Perú. *An. Fac. Med.* **81**, (2020).
7. Inga-Berrosipi, F. & Arosquipa Rodríguez, C. Avances en el desarrollo de los recursos humanos en salud en el Perú y su importancia en la calidad de atención. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Pública* **36**, 312 (2019).

8. Villanueva-Carrasco, R., Domínguez Samamés, R., Salazar De La Cruz, M. & Cuba-Fuentes, M. S. Respuesta del primer nivel de atención de salud del Perú a la pandemia COVID-19. *An. Fac. Med.* **81**, (2020).
9. Nazia, N. *et al.* Methods Used in the Spatial and Spatiotemporal Analysis of COVID-19 Epidemiology: A Systematic Review. *Int J Env. Res Public Health* (2022).
10. Tang, I. W., Vieira, V. M. & Shearer, E. Effect of socioeconomic factors during the early COVID-19 pandemic: a spatial analysis. *BMC Public Health* **22**, 1212 (2022).
11. Lin, Y., Zhong, P. & Chen, T. Association Between Socioeconomic Factors and the COVID-19 Outbreak in the 39 Well-Developed Cities of China. *Front. Public Health* **8**, 546637 (2020).
12. Winston, L., McCann, M. & Onofrei, G. Exploring Socioeconomic Status as a Global Determinant of COVID-19 Prevalence, Using Exploratory Data Analytic and Supervised Machine Learning Techniques: Algorithm Development and Validation Study. *JMIR Form. Res.* **6**, e35114 (2022).
13. Ma, Q. *et al.* Spatio-temporal distribution characteristics of COVID-19 in China: a city-level modeling study. *BMC Infect. Dis.* **21**, 816 (2021).
14. Ullah, S. *et al.* Spatial cluster analysis of COVID-19 in Malaysia (Mar-Sep, 2020). *Geospatial Health* **16**, (2021).
15. Cruz, I. & Huerta-Mercado, R. Occupational Safety and Health in Peru. *Ann. Glob. Health* **81**, 568 (2015).

16. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Estimaciones y Proyecciones de Población. <https://m.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/population-estimates-and-projections/> (2022).
17. Ministerio de Salud del Perú (MINSA). Plataforma Nacional de datos abiertos. <https://www.datosabiertos.gob.pe/>.
18. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Mapa de Pobreza Monetaria Provincial y Distrital 2018. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1718/Libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1718/Libro.pdf).
19. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Perú: Mapa de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), 1993, 2007 y 2017 (Metodología 1993). [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1588/](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1588/).
20. Instituto Peruano de Economía (IPE). Índice de Desarrollo Humano – IDH. <https://www.ipe.org.pe/portal/indice-de-desarrollo-humano-idh/> (2019).
21. Redatam Development Centre. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. <https://censos2017.inei.gov.pe/redatam/> (2017).
22. Rahman, S. *et al.* COVID-19 reinfections among naturally infected and vaccinated individuals. *Sci. Rep.* **12**, 1438 (2022).
23. Instituto Nacional de Estadística y Censo - Panamá. Censos Nacionales de Población. Densidad de población.

[https://www.inec.gob.pa/redpan/sid/meta/META/Densidad\\_de\\_poblaci\\_n.htm](https://www.inec.gob.pa/redpan/sid/meta/META/Densidad_de_poblaci_n.htm)

24. U.S. Department of Health and Human Service & Centers for Disease Control and Prevention (CDC). An Introduction to Applied Epidemiology and Biostatistics. in *Principles of Epidemiology in Public Health Practice* (2012).
25. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). COVID-NET Overview and Methods. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/covid-data/covid-net/purpose-methods.html#:~:text=Hospitalization%20rates%20are%20calculated%20as,population%20estimate%20for%20that%20area.> (2023).
26. WHO Health Emergencies Programme. WHO COVID-19 dashboard. *Metadata* <https://data.who.int/dashboards/covid19/vaccines> (2024).
27. Olcay Akman, Timothy Comar, Daniel Hrozencik, & Josselyn Gonzales. Data Clustering and Self-Organizing Maps in Biology. in *Hierarchical Clustering* 351–374 (2019).
28. Boehmke, Bradley & Greenwell, Brandon. Hierarchical Clustering. in *Hands-On Machine Learning with R* (2020).
29. Furkan Çankaya, Muhammet. How To Normalize Your Unsupervised Data For Clustering Methods. *Medium* <https://engineering.teknasyon.com/how-to-normalize-your-unsupervised-data-for-clustering-methods-9389298d20d5> (2022).
30. Sarah, Matilda. A Comprehensive Guide to Cluster Analysis: Applications, Best Practices and Resources. *DisplayR*

<https://www.displayr.com/understanding-cluster-analysis-a-comprehensive-guide/#data-preparation-for-cluster-analysis>.

31. Bismi, Iqra. Different Linkage Methods used in Hierarchical Clustering. *Medium* <https://medium.com/@iqra.bismi/different-linkage-methods-used-in-hierarchical-clustering-627bde3787e8#:~:text=There%20are%20several%20linkage%20methods,points%20in%20the%20two%20clusters.> (2023).
32. Crawford, F. W. *et al.* Impact of close interpersonal contact on COVID-19 incidence: Evidence from 1 year of mobile device data. *Sci. Adv.* **8**, eabi5499 (2022).
33. Ministerio de Salud del Perú (MINSA). *Categorías de Establecimientos Del Sector Salud*. 101 [https://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/103\\_N.T.021Categoria.pdf](https://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/103_N.T.021Categoria.pdf) (2005).
34. Viale, C. & De la Puente, Lorena. Perú: evaluación inicial del impacto de la pandemia de coronavirus en el sector extractivo y la gobernanza de recursos. *Nat. Resour. Gov. Inst.* **5** (2020).
35. Martins-Filho, P. R. Relationship between population density and COVID-19 incidence and mortality estimates: A county-level analysis. *J. Infect. Public Health* **14**, 1087–1088 (2021).
36. Pascoal, R. & Rocha, H. Population density impact on COVID-19 mortality rate: A multifractal analysis using French data. *Phys. Stat. Mech. Its Appl.* **593**, 126979 (2022).
37. Schwalb, A. & Seas, C. The COVID-19 Pandemic in Peru: What Went Wrong? *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **104**, 1176–1178 (2021).

38. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). La población de Lima supera los nueve millones y medio de habitantes. [https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/la-poblacion-de-lima-supera-los-nueve-millones-y-medio-de-habitantes-12031/#:~:text=El%20Instituto%20Nacional%20de%20Estad%3%ADstica,del%20Per%C3%BA%20\(32%20625%20948](https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/la-poblacion-de-lima-supera-los-nueve-millones-y-medio-de-habitantes-12031/#:~:text=El%20Instituto%20Nacional%20de%20Estad%3%ADstica,del%20Per%C3%BA%20(32%20625%20948) (2020).
39. Meza Riquelme, M. J. S., Condori Pereyra, A. R. & Encalada Carbajal, D. A. Análisis de políticas públicas en el Perú ante la crisis derivada de la Covid-19. *Semest. Económico* **23**, 113–138 (2020).
40. Ministerio de Salud del Perú (MINSA). El Perú ya enfrenta la tercera ola de contagios. <https://elperuano.pe/noticia/136754-el-peru-ya-enfrenta-la-tercera-ola-de-contagios> (2022).
41. Grubaugh, N. D., Hodcroft, E. B., Fauver, J. R., Phelan, A. L. & Cevik, M. Public health actions to control new SARS-CoV-2 variants. *Cell* **184**, 1127–1132 (2021).
42. Carabelli, A. M. *et al.* SARS-CoV-2 variant biology: immune escape, transmission and fitness. *Nat. Rev. Microbiol.* (2023) doi:10.1038/s41579-022-00841-7.
43. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). SARS-CoV-2 Variant Classifications and Definitions. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/variants/variant-classifications.html> (2023).
44. Gobierno del Perú. Coronavirus: variantes de la COVID-19 detectadas en el Perú. <https://www.gob.pe/12548-coronavirus-variantes-de-la-covid-19-detectadas-en-el-peru>.

45. Ministerio de Salud del Perú (MINSA). Covid-19: ¿Cuántas variantes hay en Perú y dónde están? <https://www.incn.gob.pe/wp-content/uploads/2021/09/boletin-julio-2021-2.pdf> (2021).
46. Instituto Nacional de Salud del Perú (INS). Distribución de casos por las VOC DELTA - ÓMICRON. <https://web.ins.gob.pe/es/covid19/georreferenciacion-casos-variante-preocupacion-variable-delta> (2023).
47. El Cronista. Perú y una nueva crisis institucional: tuvo 6 presidentes en cinco años. <https://www.cronista.com/internacionales/peru-y-una-nueva-crisis-institucional-tuvo-6-presidentes-en-cinco-anos/> (2022).
48. Chowdhury, A. I. *et al.* Analyzing spatial and space-time clustering of facility-based deliveries in Bangladesh. *Trop. Med. Health* **47**, 44 (2019).
49. Mohammad, N. S., Rasam, A. R. A., Ghazali, R., Idris, R. & Bakar, R. A. Spatial clustering phenomena of COVID-19 cases in Selangor: A hotspot analysis and ordinary least squares method. (2022).
50. Mo, C. *et al.* An analysis of spatiotemporal pattern for COVID-19 in China based on space-time cube. *J. Med. Virol.* **92**, 1587–1595 (2020).
51. Desjardins, M. R., Hohl, A. & Delmelle, E. M. Rapid surveillance of COVID-19 in the United States using a prospective space-time scan statistic: Detecting and evaluating emerging clusters. *Appl. Geogr.* **118**, 102202 (2020).
52. He, J. *et al.* Comparative infection modeling and control of COVID-19 transmission patterns in China, South Korea, Italy and Iran. *Sci. Total Environ.* **747**, 141447 (2020).

53. Adekunle, I. A., Onanuga, A. T., Akinola, O. O. & Ogunbanjo, O. W.  
Modelling spatial variations of coronavirus disease (COVID-19) in Africa.  
*Sci. Total Environ.* **729**, 138998 (2020).

## X. ANEXOS

### ANEXO 1. Listado de indicadores epidemiológicos y las métricas utilizadas en los análisis.

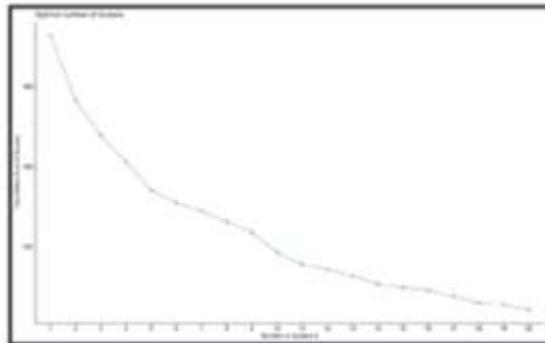
|   | Casos | Fallecidos | Hospitalizados | Vacunados | Definición   |
|---|-------|------------|----------------|-----------|--|
| <b>Tasa *</b>   | X     | X          | X              | X         | Valor de la tasa durante todo el periodo.  |
| <b>Promedio de la tasa</b>                                      | X     | X          | X              | X         | Promedio de la tasa semanal durante todo el periodo.   |
| <b>Tasa máxima</b>  | X     | X          | X              | X         | Valor de la tasa máxima semanal durante todo el periodo.   |
| <b>Desviación estándar de la tasa</b>                           | X     | X          | X              | X         | Desviación estándar de la tasa semanal durante todo el periodo.  |
| <b>Rango de la tasa</b>   | X     | X          | X              | X         | Rango de la tasa semanal durante todo el periodo.  |
| <b>Mayor número registrado por semana</b>                       | X     | X          | X              | X         | Mayor número de casos/fallecidos/hospitalizados/vacunados registrados por semana.                            |
| <b>Número de picos</b>  | X     | X          |                |           | Número de picos durante el periodo.  |
| <b>Promedio del índice de Hoover semanal</b>                    | X     | X          |                |           | Concentración de la población en un determinado lugar.   |
| <b>Semana en la que el conteo alcanzó al 1% de la población</b> | X     |            |                |           | Periodo de tiempo en el que el número de casos alcanza una cifra que representa el 1% de la población total. |

|   |   |
|---|---|
| <b>Conteo de semanas epidemiológicas desde el primer caso hasta el día de la primera muerte</b>             |   |
| <b>Conteo de semanas epidemiológicas desde el primer caso hasta el día del primer hospitalizado</b>         |   |
| <b>Conteo de semanas epidemiológicas desde el primer caso hasta el día del primer vacunado</b>              |   |
| <b>Conteo de semanas epidemiológicas desde el primer caso hasta el día de la primera dosis administrada</b> |   |
| <b>Tasa de fallecidos sobre los casos</b>   | Proporción de personas en relación con el número total de casos registrados.    |
| <b>Tasa de hospitalizados sobre los casos</b>   | Proporción de personas hospitalizadas en relación con el número total de casos. |

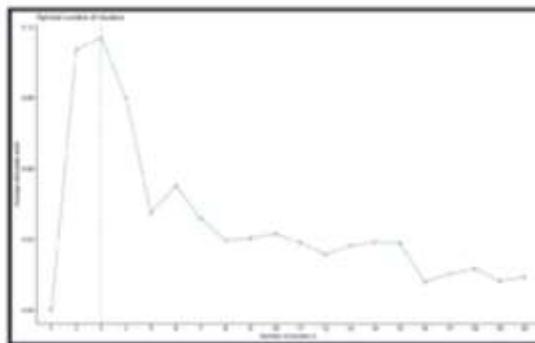
\* La tasa de los casos es la incidencia acumulada de casos durante el periodo de estudio.

**ANEXO 2.** Métodos utilizados para elección del número de agrupaciones.

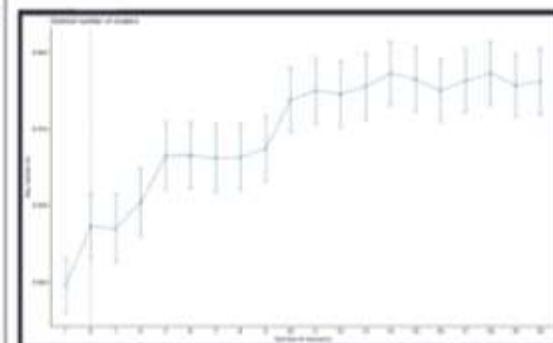
**Método del Codo**



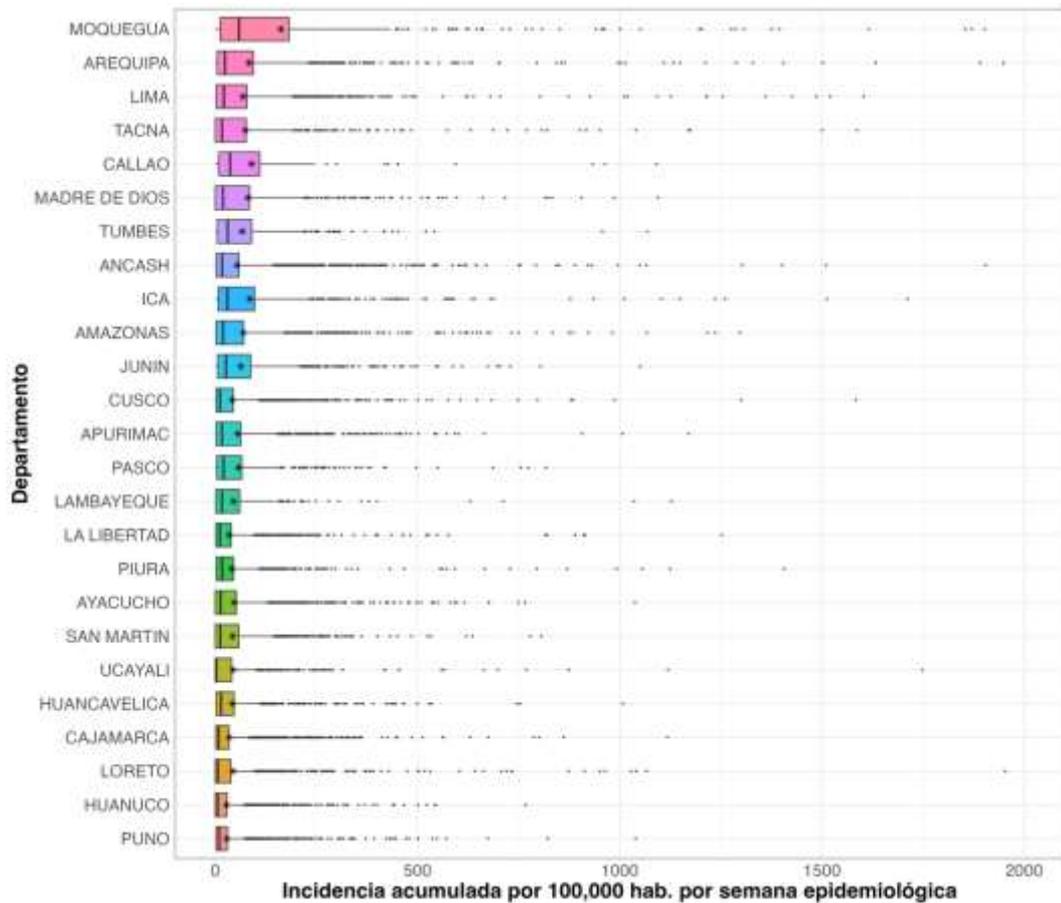
**Método de Silhouette**



**Método Gap statistic**

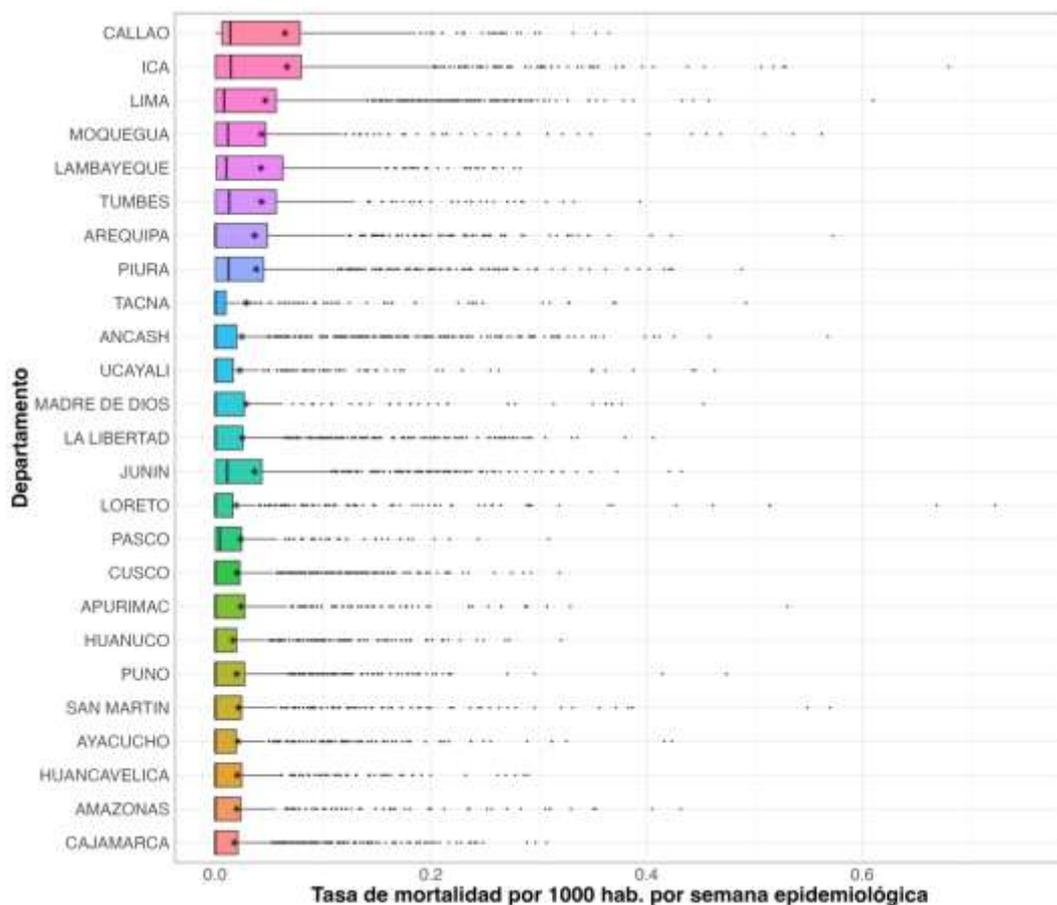


**ANEXO 3.** Gráfico de cajas y bigotes para describir la incidencia acumulada de casos por departamento por semana epidemiológica.



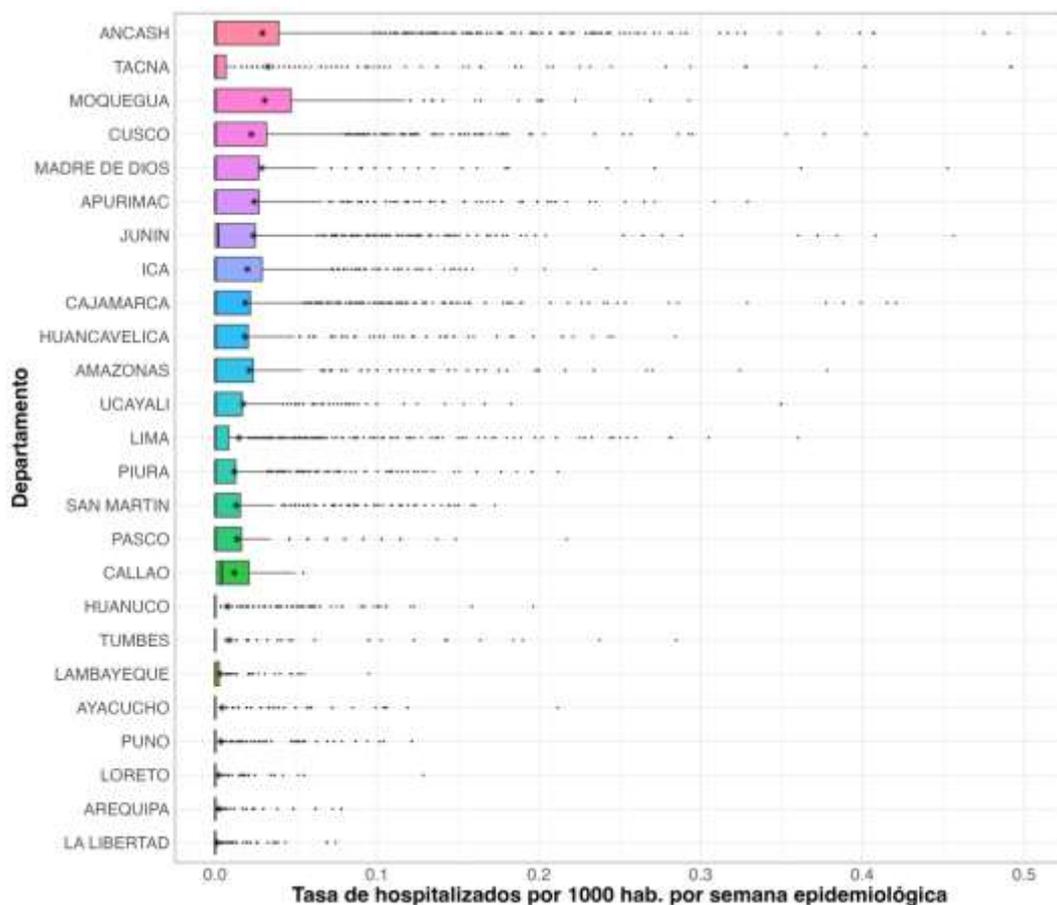
Se muestra la lista de departamentos en orden creciente en función a la incidencia acumulada de casos. Se retiraron 6 valores extremos entre 2000 y 4000 en los departamentos de Moquegua (2 valores extremos), Tacna (1 valor extremo), Ica (2 valores extremos) y Ucayali (1 valor extremo). El asterisco representa la media de los datos.

**ANEXO 4.** Gráfico de cajas y bigotes para describir la tasa de mortalidad por departamento por semana epidemiológica.



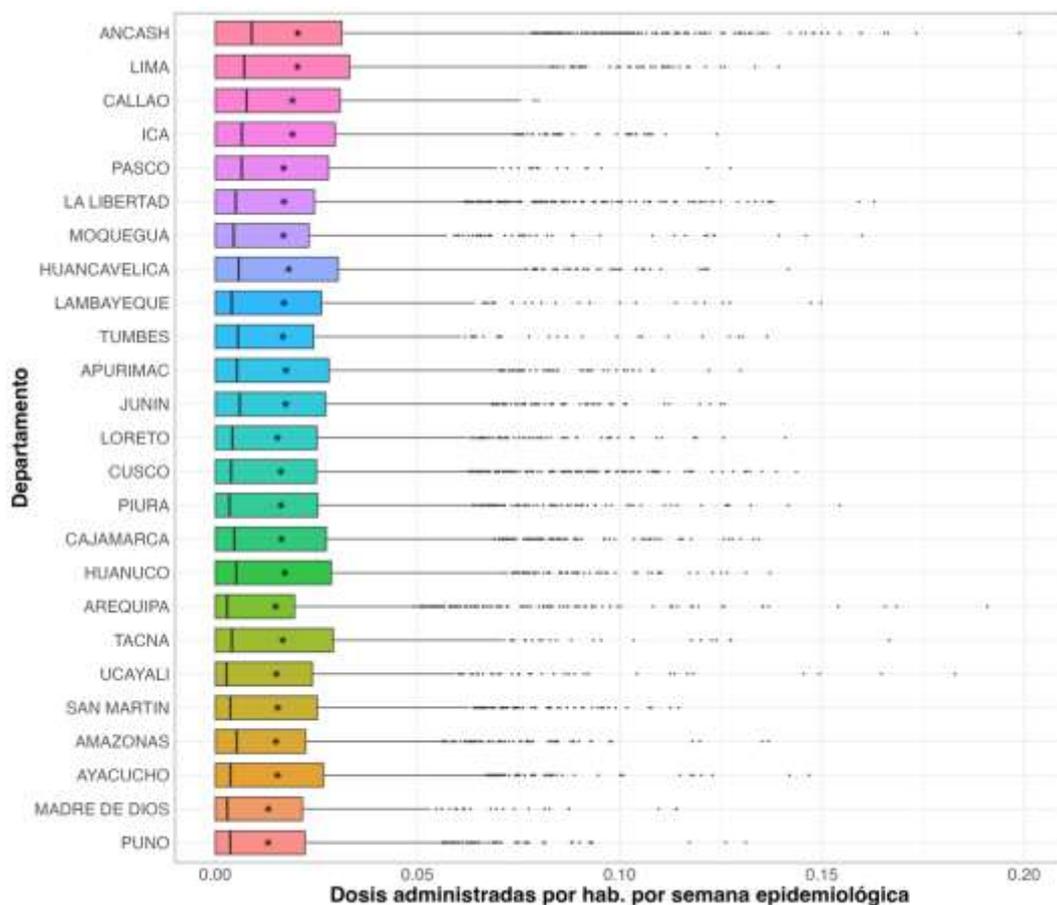
Se muestra la lista de departamentos en orden creciente en función a la incidencia acumulada de casos. Se retiraron 6 valores extremos entre 0.75 y 2 en los departamentos de Moquegua (3 valores extremos), Loreto (1 valor extremo) y Lima (2 valores extremos). El asterisco representa la media de los datos.

**ANEXO 5.** Gráfico de cajas y bigotes para la tasa de hospitalización por departamento por semana epidemiológica.



Se muestra la lista de departamentos en orden creciente en función a la incidencia acumulada de casos. Se retiraron 6 valores extremos entre 0.50 y 0.8 en los departamentos de Tacna (1 valor extremo), Madre de Dios (2 valores extremos) y Ancash (3 valores extremos). El asterisco representa la media de los datos.

**ANEXO 6.** Gráfico de cajas y bigotes para las dosis de vacuna COVID-19 administradas por departamento por semana epidemiológica.



Se muestra la lista de departamentos en orden creciente en función a la incidencia acumulada de casos. Se retiraron 4 valores extremos entre 0.2 y 0.3 en los departamentos de Arequipa (1 valor extremo) y Ancash (3 valores extremos). El asterisco representa la media de los datos.

**ANEXO 7.** Tabla a nivel provincial.

| <b>Departamento</b> | <b>Provincia</b>          | <b>Incidencia acumulada de casos*</b> | <b>Tasa de mortalidad**</b> | <b>Tasa de hospitalización**</b> | <b>Dosis de vacuna COVID-19 administradas ***</b> |
|---------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---|
| Amazonas            | Bagua                     | 19352.23                              | 6.23                        | 4.74                             | 2.13  |
|                     | Bongara                   | 8160.08                               | 2.81                        | 2.81                             | 2.92  |
|                     | Chachapoyas               | 22175.98                              | 5.08                        | 8.23                             | 3.00  |
|                     | Condorcanqui              | 10543.91                              | 2.61                        | 0.57                             | 1.31  |
|                     | Luya                      | 5718.34                               | 1.96                        | 2.79                             | 3.15  |
|                     | Rodriguez De Mendoza      | 8440.56                               | 2.00                        | 4.80                             | 2.70  |
|                     | San Martin                | 11763.64                              | 5.99                        | 5.37                             | 2.88  |
|                     | Utcubamba                 | 8481.21                               | 3.13                        | 1.18                             | 2.62  |
| Áncash              | Aija                      | 9214.69                               | 3.96                        | 6.02                             | 4.37  |
|                     | Antonio Raymondi          | 3274.73                               | 2.27                        | 1.25                             | 3.25  |
|                     | Bolognesi                 | 8971.72                               | 4.03                        | 2.82                             | 3.22  |
|                     | Carhuaz                   | 6624.03                               | 3.61                        | 7.08                             | 3.55  |
|                     | Carlos Fermin Fitzcarrald | 1794.89                               | 1.98                        | 0.68                             | 3.66  |
|                     | Casma                     | 8629.31                               | 7.14                        | 9.90                             | 2.87  |
|                     | Corongo                   | 6279.87                               | 2.66                        | 3.45                             | 3.29  |
|                     | Huaraz                    | 22084.23                              | 6.92                        | 9.39                             | 3.22  |
|                     | Huari                     | 4716.08                               | 2.61                        | 3.44                             | 4.27  |

|          |                       |          |       |      |      |
|----------|-----------------------|----------|-------|------|------|
|          | Huarmey               | 14748.04 | 7.79  | 8.25 | 3.19 |
|          | Huaylas               | 13698.52 | 4.64  | 8.26 | 3.67 |
|          | Mariscal<br>Luzuriaga | 3544.67  | 2.42  | 2.91 | 3.79 |
|          | Ocos                  | 7060.66  | 3.41  | 0.57 | 3.10 |
|          | Pallasca              | 5563.83  | 3.36  | 2.09 | 3.07 |
|          | Pomabamba             | 12212.63 | 3.79  | 6.74 | 3.65 |
|          | Recuay                | 14146.06 | 4.48  | 9.14 | 3.91 |
|          | Santa                 | 17093.35 | 10.04 | 8.09 | 3.20 |
|          | Sihuas                | 9762.34  | 2.60  | 3.97 | 3.69 |
|          | Yungay                | 5955.82  | 2.77  | 5.49 | 3.38 |
| Apurímac | Abancay               | 19247.20 | 5.83  | 6.42 | 2.84 |
|          | Andahuaylas           | 8437.85  | 3.73  | 5.39 | 2.89 |
|          | Antabamba             | 10362.51 | 4.51  | 4.07 | 3.07 |
|          | Aymaraes              | 7257.17  | 4.69  | 5.35 | 3.48 |
|          | Chincheros            | 7706.59  | 3.60  | 2.25 | 2.86 |
|          | Cotabambas            | 7847.05  | 2.45  | 2.23 | 2.37 |
|          | Grau                  | 5225.50  | 3.44  | 3.06 | 3.31 |
| Arequipa | Arequipa              | 22219.99 | 8.06  | 0.21 | 2.76 |
|          | Camana                | 15255.18 | 7.44  | 0.17 | 2.68 |
|          | Caraveli              | 11002.27 | 5.59  | 0.99 | 2.16 |
|          | Castilla              | 17496.80 | 5.20  | 0.09 | 2.56 |
|          | Caylloma              | 11486.56 | 5.87  | 0.15 | 2.33 |
|          | Condesuyos            | 11595.73 | 4.72  | 0.43 | 2.23 |
|          | Islay                 | 15991.47 | 9.34  | 0.33 | 3.05 |
| Ayacucho | Cangallo              | 6277.31  | 2.60  | 0.39 | 2.36 |

|           |                         |          |      |      |      |
|-----------|-------------------------|----------|------|------|------|
|           | Huamanga                | 11226.67 | 4.63 | 0.26 | 2.26 |
|           | Huanca<br>Sancos        | 5387.09  | 2.50 | 0.59 | 3.05 |
|           | Huanta                  | 6946.77  | 3.43 | 0.29 | 2.67 |
|           | La Mar                  | 5095.33  | 2.46 | 1.51 | 2.56 |
|           | Lucanas                 | 6610.43  | 3.97 | 0.95 | 2.52 |
|           | Parinacochas            | 9089.27  | 4.81 | 0.90 | 2.35 |
|           | Paucar Del<br>Sara Sara | 15037.99 | 5.62 | 1.04 | 2.42 |
|           | Sucre                   | 12980.41 | 3.92 | 1.06 | 2.84 |
|           | Vilcas<br>Huaman        | 3772.02  | 2.79 | 0.59 | 3.10 |
| Cajamarca | Asuncion                | 9216.59  | 2.71 | 1.63 | 3.83 |
|           | Cajabamba               | 5247.93  | 3.01 | 0.82 | 2.88 |
|           | Cajamarca               | 13379.04 | 4.82 | 3.85 | 2.75 |
|           | Celendin                | 3381.21  | 2.73 | 1.58 | 2.80 |
|           | Chota                   | 4713.81  | 2.10 | 3.48 | 2.67 |
|           | Contumaza               | 8269.24  | 3.79 | 1.66 | 2.63 |
|           | Cutervo                 | 3845.99  | 1.91 | 4.93 | 2.72 |
|           | Hualgayoc               | 5104.95  | 2.41 | 4.39 | 2.76 |
|           | Jaen                    | 13273.33 | 5.35 | 8.69 | 2.56 |
|           | San Ignacio             | 4929.57  | 2.20 | 3.02 | 2.81 |
|           | San Marcos              | 2798.16  | 2.54 | 1.91 | 2.62 |
|           | San Miguel              | 3837.72  | 2.80 | 2.04 | 2.80 |
|           | San Pablo               | 3781.63  | 2.56 | 2.27 | 3.15 |
|           | Santa Cruz              | 4299.86  | 2.53 | 2.56 | 3.07 |

|              |                  |          |       |      |      |
|--------------|------------------|----------|-------|------|------|
| Callao       | Callao           | 15371.03 | 11.00 | 2.02 | 3.24 |
| Cusco        | Acomayo          | 5270.27  | 2.44  | 2.44 | 2.91 |
|              | Anta             | 6106.11  | 4.32  | 4.09 | 3.07 |
|              | Calca            | 4528.54  | 2.20  | 2.68 | 2.78 |
|              | Canas            | 5100.97  | 2.99  | 2.15 | 2.63 |
|              | Canchis          | 9788.67  | 5.17  | 3.53 | 2.62 |
|              | Chumbivilcas     | 5085.08  | 2.51  | 4.97 | 2.21 |
|              | Cusco            | 19540.07 | 5.92  | 8.81 | 2.91 |
|              | Espinar          | 6729.53  | 2.36  | 3.89 | 2.07 |
|              | La<br>Convención | 11924.73 | 3.93  | 3.97 | 3.32 |
|              | Paruro           | 3617.95  | 2.86  | 3.72 | 3.23 |
|              | Paucartambo      | 3251.46  | 2.07  | 2.54 | 2.57 |
|              | Quispicanchi     | 5702.85  | 4.05  | 3.09 | 2.50 |
| Urubamba     | 6903.31          | 3.65     | 3.42  | 3.07 |      |
| Huancavelica | Acobamba         | 6017.06  | 3.72  | 1.62 | 2.56 |
|              | Angaraes         | 5724.80  | 3.33  | 3.29 | 2.70 |
|              | Castrovirreyna   | 6408.24  | 3.29  | 4.01 | 3.82 |
|              | Churcampa        | 5633.41  | 2.24  | 1.01 | 2.91 |
|              | Huancavelica     | 12518.47 | 5.08  | 4.55 | 2.80 |
|              | Huaytara         | 7462.17  | 4.06  | 2.38 | 3.71 |
|              | Tayacaja         | 6449.39  | 2.75  | 5.01 | 3.10 |
| Huánuco      | Ambo             | 5426.49  | 3.48  | 2.04 | 2.65 |
|              | Dos De Mayo      | 3971.98  | 3.31  | 1.14 | 2.88 |
|              | Huacaybamba      | 4392.48  | 1.81  | 1.03 | 3.25 |
|              | Huamalies        | 3870.17  | 2.23  | 0.65 | 3.24 |

|             |                |          |       |      |      |
|-------------|----------------|----------|-------|------|------|
|             | Huanuco        | 11022.27 | 5.80  | 2.91 | 2.68 |
|             | Lauricocha     | 2025.06  | 2.75  | 1.59 | 3.46 |
|             | Leoncio Prado  | 3278.74  | 4.63  | 0.49 | 2.49 |
|             | Maranon        | 1318.46  | 1.46  | 0.53 | 2.97 |
|             | Pachitea       | 2410.55  | 1.40  | 0.37 | 2.08 |
|             | Puerto Inca    | 11534.21 | 1.72  | 1.81 | 2.24 |
|             | Victor Fajardo | 4898.30  | 2.98  | 0.30 | 2.69 |
|             | Yarowilca      | 2507.92  | 2.46  | 1.51 | 4.29 |
| Ica         | Chincha        | 8455.06  | 12.30 | 6.14 | 3.22 |
|             | Ica            | 16897.52 | 10.13 | 3.37 | 3.17 |
|             | Nasca          | 10690.17 | 10.32 | 2.11 | 3.18 |
|             | Palpa          | 26745.77 | 13.91 | 1.59 | 3.71 |
|             | Pisco          | 14023.78 | 10.00 | 3.71 | 2.95 |
| Junín       | Chanchamayo    | 11050.31 | 6.46  | 4.11 | 2.73 |
|             | Chupaca        | 12334.87 | 6.47  | 3.76 | 3.37 |
|             | Concepcion     | 8461.80  | 4.59  | 3.51 | 3.05 |
|             | Huancayo       | 15196.43 | 7.10  | 4.92 | 3.00 |
|             | Jauja          | 11054.93 | 7.06  | 9.99 | 3.27 |
|             | Junín          | 10534.73 | 6.22  | 1.30 | 3.08 |
|             | Satipo         | 7916.27  | 2.37  | 4.31 | 1.85 |
|             | Tarma          | 9216.43  | 6.97  | 0.92 | 3.17 |
|             | Yauli          | 11465.71 | 8.62  | 3.37 | 3.16 |
| La Libertad | Ascope         | 6089.68  | 8.02  | 0.17 | 3.16 |
|             | Bolivar        | 2642.32  | 1.52  | 0.35 | 2.61 |
|             | Chepen         | 8835.98  | 9.65  | 0.17 | 2.97 |
|             | Gran Chimú     | 7191.73  | 2.86  | 0.22 | 2.81 |

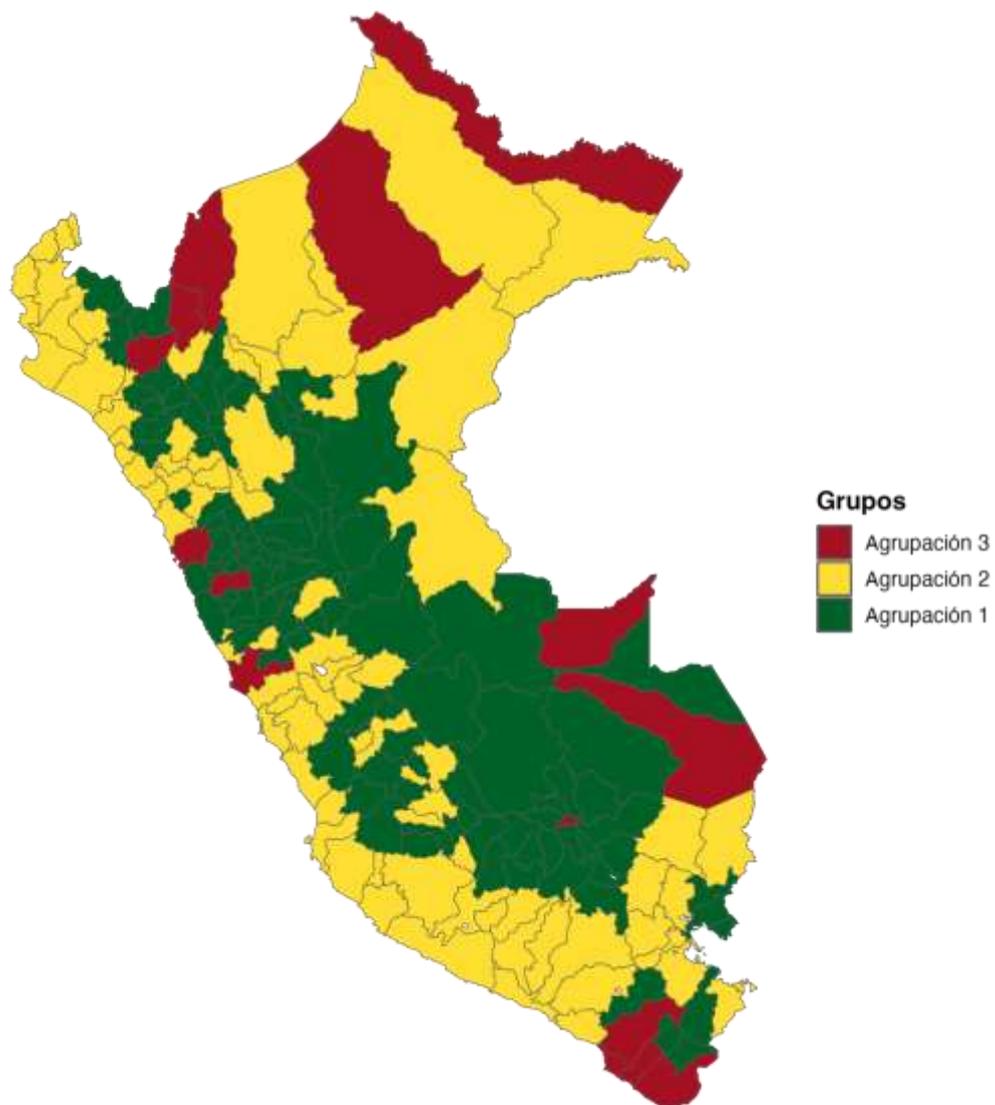
|            |                      |          |       |      |      |
|------------|----------------------|----------|-------|------|------|
|            | Julcan               | 2576.36  | 1.53  | 0.04 | 3.17 |
|            | Otuzco               | 4396.24  | 2.48  | 0.08 | 2.93 |
|            | Pacasmayo            | 9299.59  | 7.48  | 0.22 | 2.83 |
|            | Pataz                | 2764.67  | 1.46  | 0.11 | 2.59 |
|            | Sanchez<br>Carrion   | 3619.68  | 1.43  | 0.01 | 2.89 |
|            | Santiago De<br>Chuco | 4161.43  | 2.48  | 0.10 | 2.82 |
|            | Trujillo             | 13501.32 | 7.64  | 0.19 | 3.06 |
|            | Viru                 | 5785.06  | 4.74  | 0.57 | 2.83 |
| Lambayeque | Chiclayo             | 12174.95 | 8.93  | 0.75 | 3.02 |
|            | Ferrenafe            | 4408.97  | 7.07  | 0.44 | 2.96 |
|            | Lambayeque           | 6484.99  | 5.59  | 0.33 | 2.67 |
| Lima       | Barranca             | 12335.42 | 8.65  | 0.82 | 3.26 |
|            | Cajatambo            | 7257.20  | 9.15  | 1.07 | 3.19 |
|            | Cañete               | 4818.07  | 9.12  | 2.89 | 3.09 |
|            | Canta                | 16132.66 | 7.45  | 1.39 | 3.67 |
|            | Huaral               | 13785.36 | 8.27  | 0.55 | 3.15 |
|            | Huachochiri          | 16959.33 | 10.10 | 5.16 | 5.33 |
|            | Huaura               | 15752.90 | 9.04  | 6.65 | 3.11 |
|            | La Union             | 8450.92  | 3.59  | 0.31 | 2.74 |
|            | Lima                 | 20380.31 | 10.44 | 2.78 | 3.30 |
|            | Oyon                 | 4182.87  | 5.19  | 1.69 | 2.85 |
|            | Yauyos               | 5228.95  | 4.64  | 2.10 | 3.63 |
| Loreto     | Alto<br>Amazonas     | 5150.54  | 3.51  | 0.33 | 2.35 |

|           |                               |          |         |      |      |
|-----------|-------------------------------|----------|---------|------|------|
|           | Datem Del<br>Maranon          | 6676.70  | 2.41    | 0.23 | 1.92 |
|           | Loreto                        | 8357.22  | 2.53    | 0.19 | 2.62 |
|           | Mariscal<br>Ramon<br>Castilla | 6207.21  | 3.10    | 0.12 | 2.62 |
|           | Maynas                        | 7970.98  | 6.78    | 0.30 | 3.15 |
|           | Putumayo                      | 18984.58 | 2.96    | 0.13 | 2.83 |
|           | Requena                       | 5342.59  | 3.38    | 0.32 | 2.77 |
|           | Madre de Dios                 | Manu     | 6178.23 | 2.64 | 2.26 |
| Tahuamanu |                               | 19878.70 | 4.89    | 8.69 | 2.27 |
| Tambopata |                               | 15382.06 | 7.09    | 4.84 | 2.49 |
| Moquegua  | General<br>Sanchez Cerro      | 17073.66 | 3.97    | 4.10 | 2.70 |
|           | Ilo                           | 26956.82 | 11.01   | 6.63 | 2.98 |
|           | Mariscal Nieto                | 45776.75 | 9.85    | 4.86 | 2.93 |
| Pasco     | Daniel Alcides<br>Carrion     | 4052.32  | 2.43    | 0.67 | 2.18 |
|           | Oxapampa                      | 14283.75 | 4.36    | 5.26 | 3.07 |
|           | Pasco                         | 10958.01 | 5.32    | 0.95 | 3.38 |
| Piura     | Ayabaca                       | 4244.39  | 2.64    | 1.32 | 2.50 |
|           | Huancabamba                   | 2421.50  | 2.03    | 0.45 | 2.33 |
|           | Morropon                      | 4958.43  | 8.09    | 0.80 | 2.95 |
|           | Paita                         | 9595.66  | 7.84    | 3.06 | 2.86 |
|           | Piura                         | 11412.44 | 7.50    | 2.42 | 2.78 |
|           | Sechura                       | 6570.09  | 5.76    | 1.49 | 2.57 |

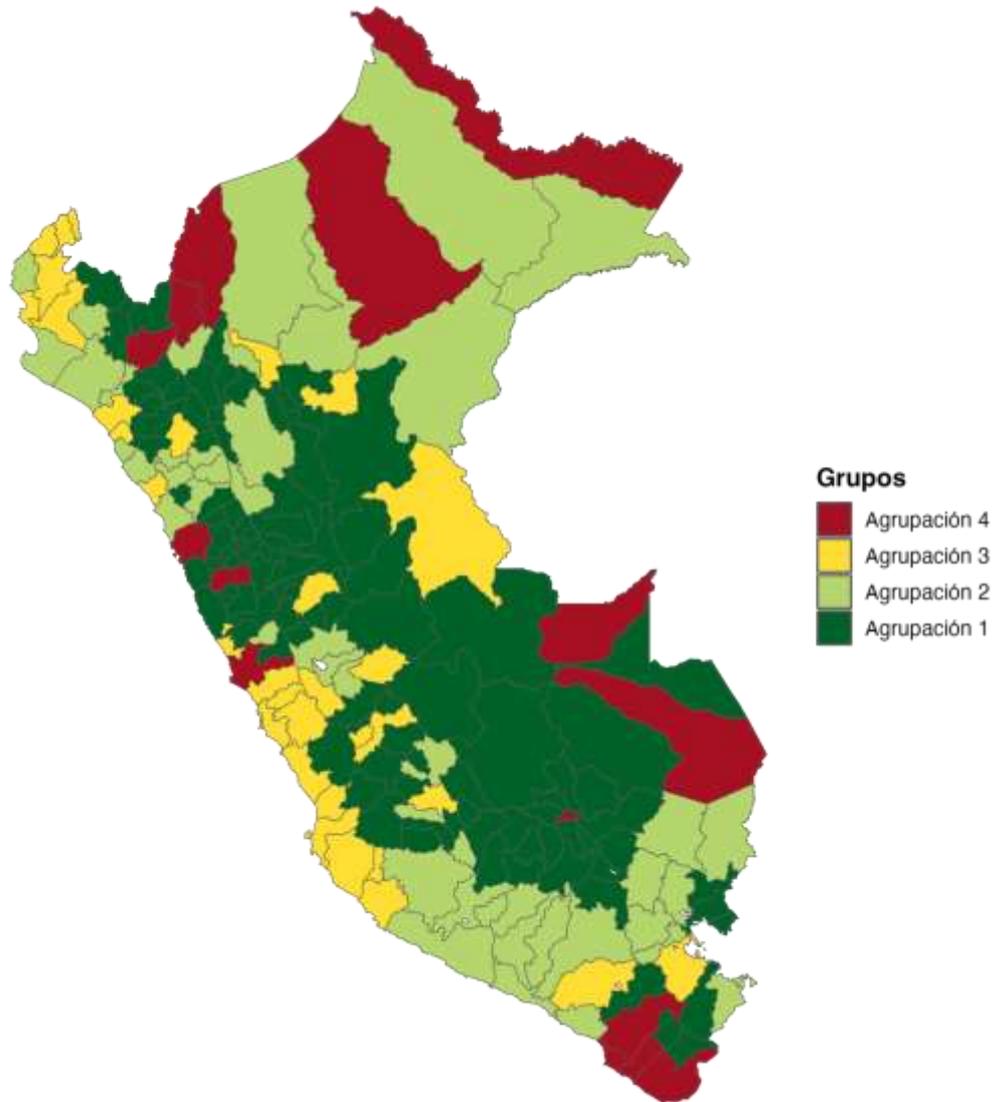
|            |                          |          |      |      |      |
|------------|--------------------------|----------|------|------|------|
|            | Sullana                  | 10707.52 | 8.12 | 5.16 | 3.11 |
|            | Talara                   | 6053.42  | 9.70 | 1.47 | 2.99 |
| Puno       | Azangaro                 | 3503.88  | 2.65 | 0.07 | 2.34 |
|            | Carabaya                 | 3747.85  | 1.92 | 0.14 | 1.80 |
|            | Chucuito                 | 3180.83  | 2.43 | 0.36 | 1.66 |
|            | El Collao                | 5128.53  | 3.65 | 1.17 | 2.27 |
|            | Huancane                 | 3418.85  | 3.07 | 2.34 | 2.66 |
|            | Lampa                    | 6486.20  | 3.70 | 0.83 | 2.56 |
|            | Melgar                   | 5917.66  | 3.65 | 0.18 | 2.18 |
|            | Moho                     | 1994.63  | 2.33 | 0.41 | 2.62 |
|            | Puno                     | 12492.82 | 6.88 | 0.28 | 2.58 |
|            | San Antonio<br>De Putina | 3248.14  | 1.80 | 0.42 | 1.69 |
|            | San Roman                | 6883.16  | 4.84 | 0.19 | 2.29 |
|            | Sandia                   | 2489.06  | 2.09 | 0.16 | 2.20 |
|            | Yunguyo                  | 5108.42  | 4.98 | 0.57 | 2.02 |
| San Martín | Bellavista               | 4391.91  | 3.69 | 1.51 | 2.62 |
|            | El Dorado                | 6603.72  | 2.18 | 2.15 | 2.79 |
|            | Huallaga                 | 7754.67  | 3.53 | 1.85 | 2.86 |
|            | Lamas                    | 5143.46  | 2.96 | 2.48 | 2.77 |
|            | Mariscal<br>Caceres      | 5732.99  | 4.46 | 1.35 | 2.43 |
|            | Moyobamba                | 10788.22 | 3.63 | 0.41 | 2.32 |
|            | Picota                   | 5544.46  | 4.00 | 2.91 | 2.64 |
|            | Rioja                    | 7279.83  | 2.88 | 0.55 | 2.19 |
|            | Tocache                  | 8143.36  | 3.27 | 3.39 | 2.79 |

|         |                          |          |      |      |      |
|---------|--------------------------|----------|------|------|------|
| Tacna   | Candarave                | 6817.44  | 2.95 | 4.75 | 2.89 |
|         | Jorge Basadre            | 18379.28 | 3.99 | 4.55 | 2.65 |
|         | Tacna                    | 19848.68 | 7.12 | 6.41 | 2.64 |
|         | Tarata                   | 7745.32  | 5.58 | 7.22 | 3.17 |
| Tumbes  | Contralmirante<br>Villar | 9118.11  | 7.60 | 2.47 | 2.86 |
|         | Tumbes                   | 16529.86 | 8.55 | 0.74 | 2.94 |
|         | Zarumilla                | 8572.19  | 5.73 | 1.29 | 2.72 |
| Ucayali | Atalaya                  | 1534.75  | 2.27 | 1.76 | 1.98 |
|         | Coronel<br>Portillo      | 9405.52  | 7.82 | 3.37 | 2.80 |
|         | Padre Abad               | 6245.53  | 3.24 | 3.56 | 2.22 |
|         | Purus                    | 16783.22 | 2.10 | 3.15 | 3.27 |
|         | Ucayali                  | 2137.75  | 2.80 | 0.99 | 2.68 |

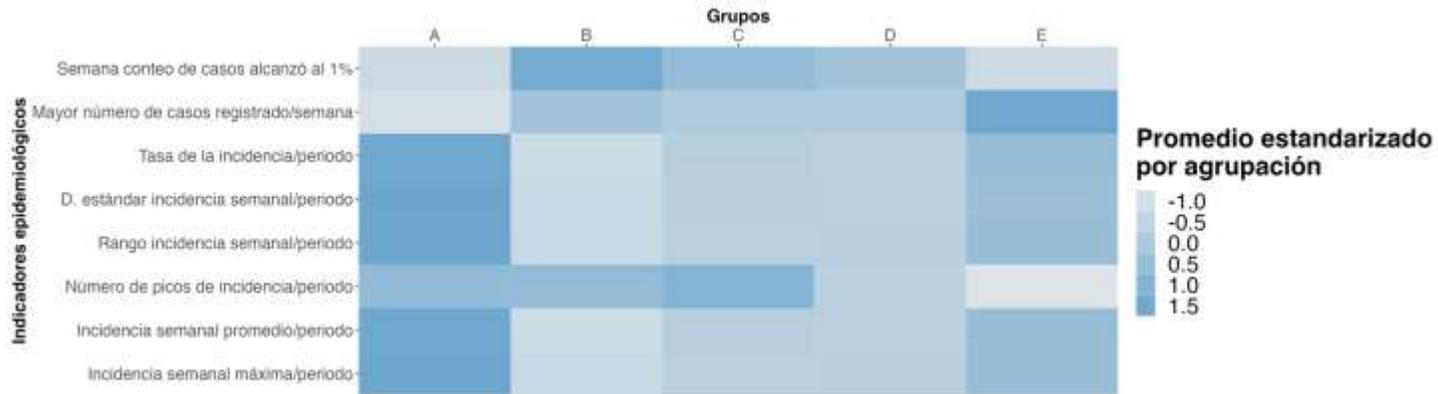
**ANEXO 8.** Mapa de la categorización con tres agrupaciones a nivel provincial.



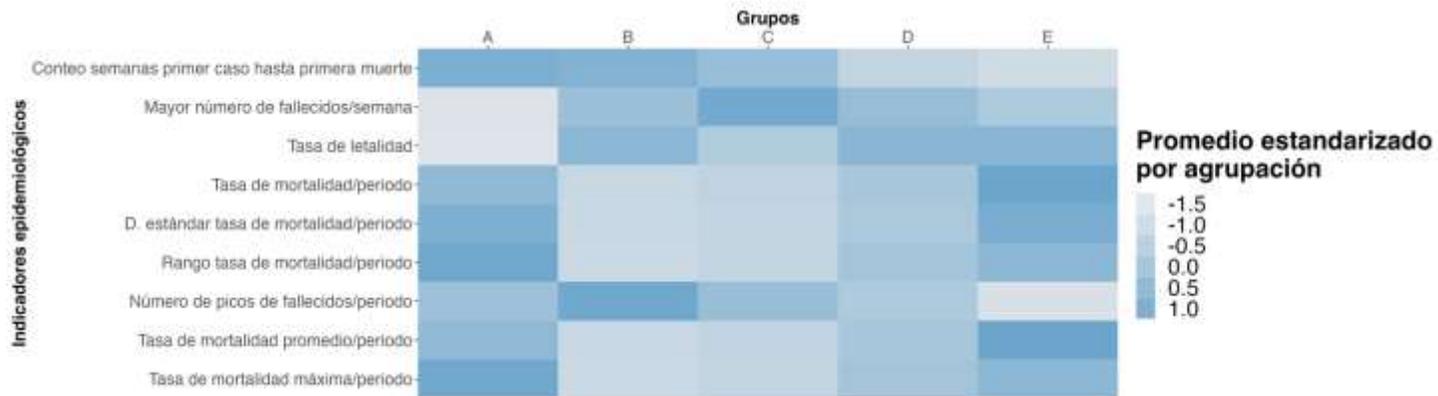
ANEXO 9. Mapa de la categorización con cuatro agrupaciones a nivel provincial.



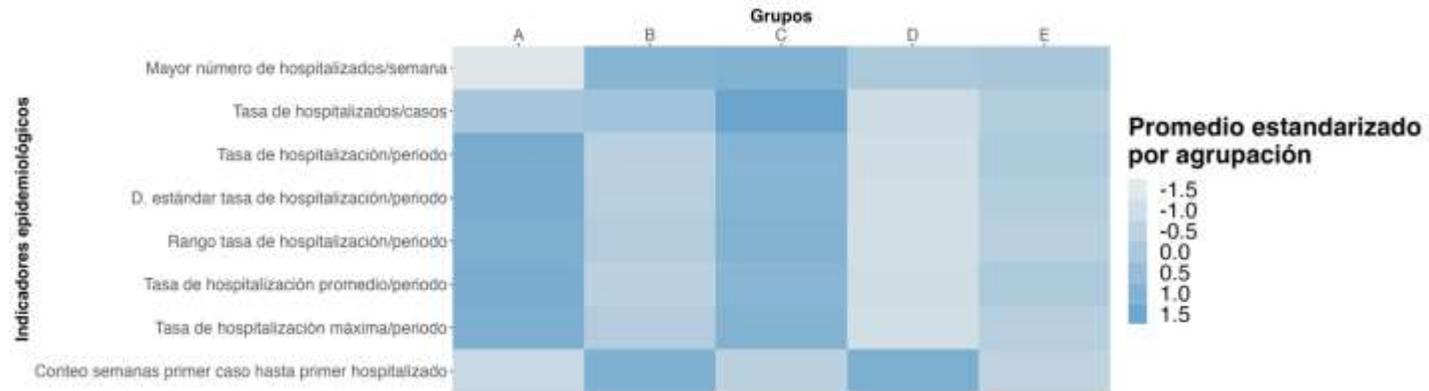
**ANEXO 10. Promedio de los indicadores epidemiológicos en cada agrupación. Dimensión de análisis: Casos.**



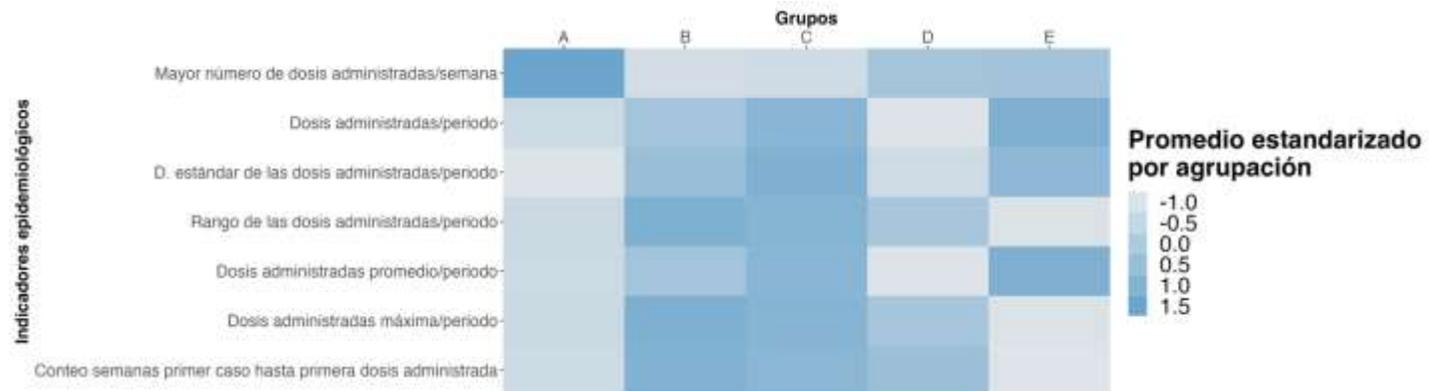
**ANEXO 11. Promedio de los indicadores epidemiológicos en cada agrupación. Dimensión de análisis: Fallecidos.**



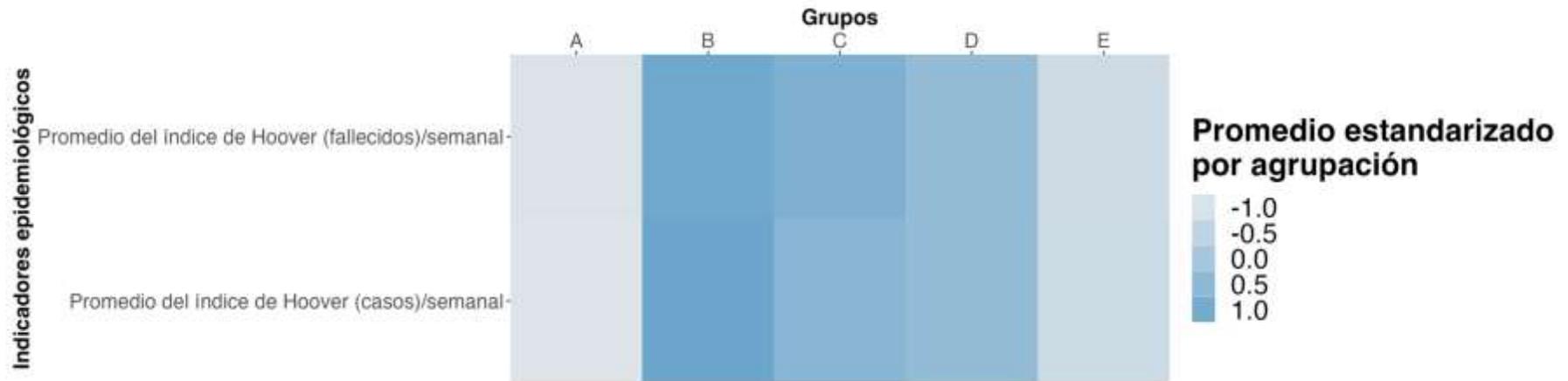
**ANEXO 12. Promedio de los indicadores epidemiológicos en cada agrupación.** Dimensión de análisis: Hospitalizados.



**ANEXO 13. Promedio de los indicadores epidemiológicos en cada agrupación.** Dimensión de análisis: Dosis de vacuna COVID-19 administradas.



**ANEXO 14. Promedio de los indicadores epidemiológicos en cada agrupación.** Dimensión de análisis: Índice de Hoover.



**ANEXO 15. Tabla resumen de la principal métrica de cada indicador epidemiológico para cada agrupación.**

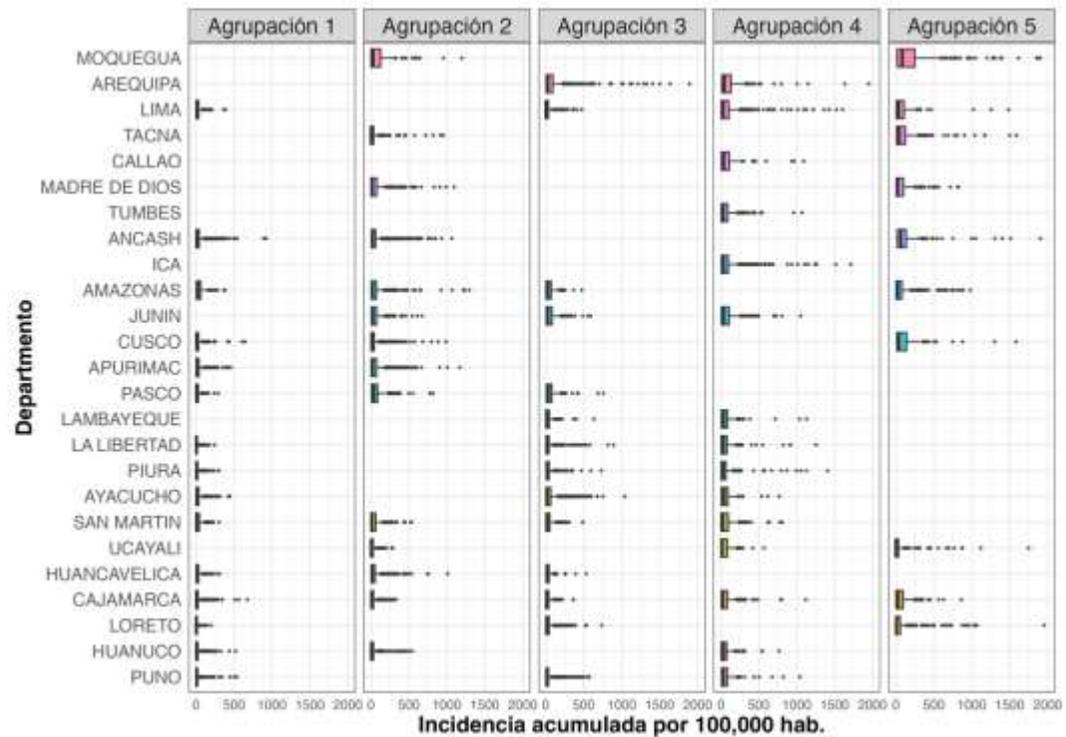
| <b>Indicador</b>                              | <b>Definición</b>                            | <b>Agrupación<br/>1</b> | <b>Agrupación<br/>2</b> | <b>Agrupación<br/>3</b> | <b>Agrupación<br/>4</b> | <b>Agrupación<br/>5</b> |
|---|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Incidencia acumulada de casos</b>          | Casos /Tam. Poblacional <sup>a</sup>         | 4251.17                 | 8503.76                 | 8117.67                 | 12665.04                | <b>19135.14</b>         |
| <b>Tasa de mortalidad</b>                     | Fallecidos /Tam. Poblacional <sup>b</sup>    | 2.85                    | 3.59                    | 4.82                    | <b>8.44</b>             | 6.19                    |
| <b>Tasa de hospitalización</b>                | Hospitalizados/Tam. Poblacional <sup>b</sup> | 1.38                    | 4.36                    | 0.48                    | 2.69                    | <b>5.18</b>             |
| <b>Dosis de vacuna COVID-19 administradas</b> | Dosis admin./Tam. Poblacional <sup>c</sup>   | 2.87                    | 2.95                    | <b>2.61</b>             | 3.11                    | 2.72                    |

<sup>a</sup> Por 100,000 habitantes, <sup>b</sup> Por 1000 habitantes, <sup>c</sup> Por habitante

**ANEXO 16. Tabla resumen de los principales indicadores socioeconómicos usados para la descripción de cada agrupación.**

| <b>Tipo</b>            | <b>Variables socioeconómicas</b>                            | <b>Agrupación 1</b> | <b>Agrupación 2</b> | <b>Agrupación 3</b> | <b>Agrupación 4</b> | <b>Agrupación 5</b> |
|------------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Vivienda</b>        | Red pública de agua dentro de la vivienda o edificación.    | 68.00%              | 68.36%              | 65.96%              | 79.58%              | 62.39%              |
|                        | Red pública de desagüe dentro de la vivienda o edificación. | 36.46%              | 40.14%              | 43.21%              | 66.77%              | 53.09%              |
| <b>Hogar</b>           | Poseen refrigeradora o congeladora.                         | 8.55%               | 12.17%              | 19.43%              | 46.84%              | 39.26%              |
| <b>Seguro</b>          | Afiliado a EsSalud.   | 9.55%               | 10.98%              | 15.60%              | 25.26%              | 21.67%              |
|                        | Afiliado a SIS.   | 75.44%              | 71.95%              | 61.87%              | 45.47%              | 52.41%              |
| <b>Calidad de vida</b> | Pobreza monetaria.  | 41.38%              | 34.45%              | 34.57%              | 15.49%              | 21.82%              |
|                        | Necesidades Básicas Insatisfechas.                          | 35.56%              | 35.23%              | 33.77%              | 23.96%              | 35.69%              |
|                        | Índice de Desarrollo Humano.                                | 0.36                | 0.39                | 0.43                | 0.56                | 0.52                |
| <b>Población</b>       | Densidad poblacional (personas/Km <sup>2</sup> ).           | 14.73               | 43.02               | 36.91               | 149.27              | 57.05               |

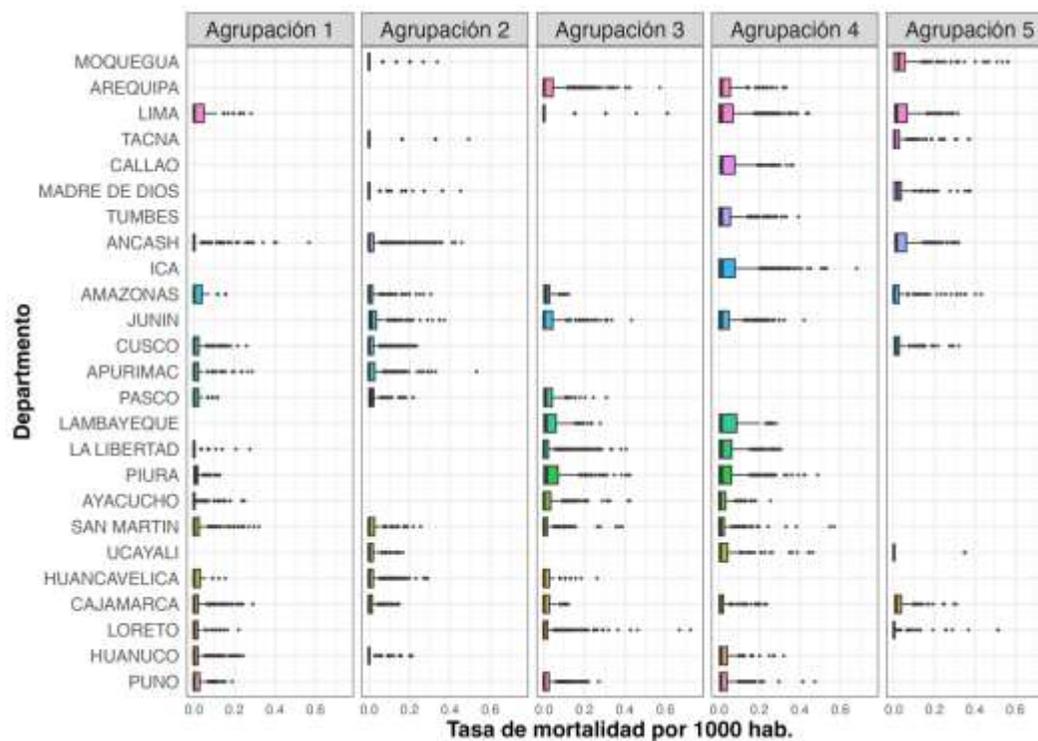
**ANEXO 17. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de la incidencia acumulada de casos por agrupación y por Departamento†.**



Se muestra la lista de departamentos en orden creciente en función a la incidencia acumulada de casos. Se retiraron 6 valores extremos entre 2000 y 4000 en: La agrupación 4 (2 valores extremos en Ica), y en la agrupación 5 (2 valores extremos en Moquegua, 1 valor extremo en Tacna y 2 valores extremos en Ucayali).

†Los colores de las cajas no tienen algún significado.

**ANEXO 18. Gráfico de cajas y bigotes de la distribución de la tasa de mortalidad por agrupación y por Departamento†.**



Se muestra la lista de departamentos en orden creciente en función a la incidencia acumulada de casos. Se retiraron 6 valores extremos entre 0.75 y 2.0 en: La agrupación 3 (2 valores extremos en Lima y 1 valor extremo en Loreto) y la agrupación 5 (3 valores extremos en Moquegua).

† Los colores de las cajas no tienen algún significado