

Artículo original

Comparación de la distribución de probabilidad en pacientes fallecidos por COVID-19 en tres picos de la pandemia en Colombia

Comparison of the probability distributions in Covid-19 deaths in three peaks of the pandemic in Colombia

✉ **María X. Arias-Barahona**^{1,*}, ✉ **Juan J. Vanegas-Giraldo**

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia

²Programa de Física, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

Resumen

En este trabajo se muestra una comparación de las distribuciones de probabilidad para los casos confirmados por Covid-19 en los departamentos de Colombia para los tres intervalos de tiempo donde se presenta un mayor número de contagios (picos). Lo anterior se realizó a partir del análisis estadístico de las bases de datos reportadas por el Instituto Nacional de Salud en Colombia. Se encuentra que la probabilidad de fallecer ha aumentado en más del 8 % en el último pico para los colombianos entre los 20 y 69 años de edad, siendo los departamentos con mayor aumento en el porcentaje de estos decesos: Amazonas, Antioquia, Caquetá, Cauca, Córdoba y Putumayo.

Palabras clave: Covid-19 en Colombia; Distribución de Probabilidad; Letalidad; Pandemia; Procesos Gaussianos.

Abstract

This work shows a comparison between the probability distributions for the cases confirmed by Covid-19 in the departments of Colombia for the three time intervals where there is a greater number of infections (peaks). This was done from the statistical analysis of the databases reported by the National Institute of Health in Colombia. It is found that the probability of dying has increased by more than 8 % in the last peak for Colombians between 20 and 69 years of age, being the departments with the highest increase in the percentage of these deaths: Amazonas, Antioquia, Caquetá, Cauca, Córdoba and Putumayo.

Keywords: Covid-19 in Colombia; Probability Distribution; Lethality; Pandemic; Gaussian Process.

Introducción

La Covid-19 es una enfermedad viral respiratoria (**Cruz, Santos, Cervantes, y Juárez, 2020**) causada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 (**Phan, 2020**), este nuevo brote se notificó por primera vez en Wuhan (China) el 12 de diciembre del 2019 (**Lu y cols, 2020**). Desde entonces se han notificado decenas de miles de casos y el brote se ha extendido a nivel mundial (**Bwire y Paulo, 2020; Lai, Shih, Ko, Tang, y Hsueh, 2020**), por lo cual la Organización Mundial de la Salud (OMS) la declaró como pandemia (**Mahase, 2020**).

El 6 de marzo del 2020 Colombia confirmó su primer caso de la enfermedad por Covid-19 y hasta la fecha se han confirmado más de 3 millones de casos positivos y más de 80 mil decesos. A lo largo de la actual pandemia de Covid-19, los gobiernos han recopilado amplias bases de datos con información sobre las personas infectadas. Los datos sobre casos positivos y muertes en Colombia son reportados por el Instituto Nacional de Salud (INS) (**Casos positivos de COVID-19 en Colombia — Datos Abiertos Colombia, s.f.**) que son relevantes para rastrear la evolución de la infección en el país.

Citación: Arias-Barahona MX, Vanegas-Giraldo JJ. Comparación de la distribución de probabilidad en pacientes fallecidos por COVID-19 en tres picos de la pandemia en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 45(177):971-979, octubre-diciembre de 2021. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1474>

Editor: Alberto Gómez-Gutierrez

***Correspondencia:**

Juan Vanegas-Giraldo;
jjvanegas@uniquindio.edu.co

Recibido: 17 de mayo de 2021

Aceptado: 6 de noviembre de 2021

Publicado: 15 de diciembre de 2021



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

A partir de estos datos se pueden visualizar cualitativamente 3 intervalos de tiempo en donde las cifras de casos positivos de Covid-19 en Colombia han alcanzado sus máximos relativos, más conocidos como picos. Es allí donde el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (Minsalud) ha evidenciado que la población de edades más afectada y con mayor probabilidad de muerte a lo largo de la pandemia son las personas mayores a 60 años (*Minsalud- información del Coronavirus COVID-19*, s.f.; *Ministerio de Salud y Protección Social*, s.f.). Por lo tanto, se pretende encontrar si existe una variación en las distribuciones de probabilidad de fallecimientos en los 3 picos de la pandemia en Colombia y verificar si se encuentra una variación de riesgo de muerte por edad hasta la fecha. Lo anterior, a partir del análisis estadístico de las bases de datos reportadas por el INS por medio del lenguaje de programación interpretado *Python*, usando las librerías *Pandas*, *Numpy*, *Scipy*, *Matplotlib* y *Seaborn* (**Dey, Rahman, Siddiqi, y Howlader**, 2020) obteniendo las distribuciones de probabilidad de muertes y contagios por departamento en relación a la edad.

El presente trabajo se desarrolla de la siguiente manera: en la metodología se encuentra la descripción de los datos utilizados y los criterios de selección llevados a cabo para el análisis correspondiente de probabilidades a estudiar. Posteriormente se encuentran los resultados obtenidos a partir de las comparaciones y análisis realizados por medio de distribuciones de probabilidad y finalmente se encuentran las conclusiones más relevantes encontradas en el estudio.

Metodología

Datos

El conjunto de datos para el análisis realizado se obtuvo de los reportes publicados por el INS (*Casos positivos de COVID-19 en Colombia — Datos Abiertos Colombia*, s.f.), los cuales se actualizan todos los días y dan a conocer los casos positivos de Covid-19 en Colombia (ver **figura 1**). La base de datos proporcionada contiene los siguientes campos: la fecha de reporte web del caso, la fecha de notificación, ID del caso, departamento, municipio, edad, sexo, tipo de contagio, estado actual del paciente (recuperado o fallecido), fecha de inicio de síntomas, fecha de muerte, fecha de diagnóstico y fecha de recuperación. El trabajo centró la atención en el número de casos positivos por departamento y la cantidad de personas fallecidas por edad, reportadas desde el 6 de marzo del 2020, día en el que se presenta el primer contagiado, hasta el 8 de mayo del 2021. Cabe resaltar que al conjunto de datos se le aplicaron diferentes métodos de exploración y análisis estadístico, haciendo uso del lenguaje de programación interpretado *Python*, particularmente de las librerías *Pandas*, *Numpy*, *Scipy*, *Matplotlib* y *Seaborn* (**Dey y cols.**, 2020)

Selección de fechas por picos

Hasta el momento se pueden evidenciar cualitativamente tres picos en el número de casos positivos en Colombia, como se muestra en la **figura 1**, sin embargo, es preciso obtener el rango de tiempo específico de estos picos a partir de métodos analíticos; por tal motivo, se encontró una función que se ajustara a los datos reportados a partir de un modelo de regresión de procesos Gaussianos (GPR), utilizando la función *gaussian filter1d* de la librería *Python: SciPy*, la cual permite tener una precisión mayor en la selección de rangos de fechas a estudiar por pico y facilita la visualización de los mismos (**García Chilan y Viteri Paredes**, 2010). Una vez obtenida la función de ajuste (línea azul continua en la **figura 1**) se obtuvieron las fechas de inicio y fin de los picos así:

- **Fecha inicial:** Se hallaron los puntos de inflexión de la función obtenida por el modelo GPR a partir de su segunda derivada. Estos puntos son los valores para los cuales la función cambia de concavidad, particularmente, se interesó únicamente por las concavidades que presentan puntos máximos relativos (**Gu, Zhu, Sun, Zhou, y Gu**, 2020). Los tres puntos de inflexión obtenidos corresponden a las fechas: 9 de julio del 2020, 12 de octubre del 2020 y 21 de marzo del 2021, fechas que determinarán el inicio de cada pico para este trabajo.

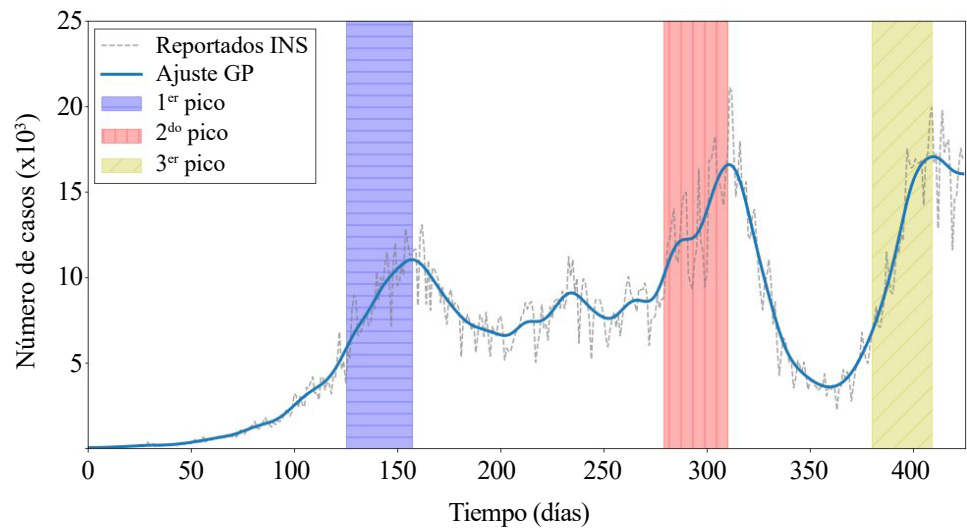


Figura 1. Línea gris punteada muestra el número de casos positivos por día de Covid-19 desde el 6 de marzo del 2020 hasta el 8 de mayo del 2021. La línea azul continua muestra la función obtenida a partir de procesos Gaussianos de los casos positivos reportados. La región azul con líneas horizontales representa el conjunto de casos positivos de Covid-19 en el intervalo de tiempo del primer pico. Región roja con líneas verticales representa el conjunto de casos positivos de Covid-19 en el intervalo de tiempo del segundo pico. Región amarilla con líneas diagonales representa el conjunto de casos positivos de Covid-19 en el intervalo de tiempo del tercer pico.

- **Fecha final:** Se toma nuevamente la función obtenida por el modelo GPR y se aplica el criterio de la primera derivada, con el fin de obtener los puntos máximos relativos que pueden existir (Peng, Yang, Zhang, Zhuge, y Hong, 2020). De esta manera se identificaron las fechas donde cada uno de los picos ha alcanzado el máximo de casos positivos, las cuales son: 10 de agosto del 2020, 1 de enero del 2021 y 19 de abril del 2021.

De esta manera, los picos de la pandemia para este trabajo fueron definidos como: **Primer pico** (comprendido entre el 9 de julio del 2020 hasta el 10 de agosto del 2020, está demarcado por una región azul y líneas horizontales en la **figura 1**), **segundo Pico** (comprendido entre el 12 de octubre del 2020 hasta el 1 de enero del 2021, está demarcado por una región roja y líneas verticales en la **figura 1**), **tercer Pico** (comprendido entre el 21 de marzo del 2021 hasta el 19 de abril del 2021, representado por la región de color amarillo y líneas diagonales en la **figura 1**).

Distribución de probabilidad

Una vez definidos los intervalos de tiempo para los tres picos de la pandemia en Colombia, se obtuvieron las distribuciones de probabilidad del número de casos positivos en cada uno de dichos picos, en función de las edades de los pacientes contagiados. Estas distribuciones permiten conocer la probabilidad de casos positivos dentro de un rango de edades definido, lo anterior, a partir de la integral de la función de distribución obtenida en un intervalo finito, o en otras palabras, el valor del área bajo la curva de la función de distribución en este mismo intervalo. Para obtener dicha función de distribución se utilizó la función *distplot*, la cual combina la función *hist* de la librería *Python: Matplotlib* con las funciones *kdeplot* y *rugplot* de la librería *Python: Seaborn* (Waskom, 2021) (Irvine y Hollingsworth, 2018). Dicha función *distplot* genera un histograma a partir de los datos reportados por el INS, y es a éstos a los que les calcula la distribución de probabilidad a partir de la estimación de la densidad Kernel, también conocido como KDE por sus siglas en inglés (Terrell y Scott, 1992). En la **figura 2** se puede ver el resultado de la aplicación de la función *distplot*, cuyos

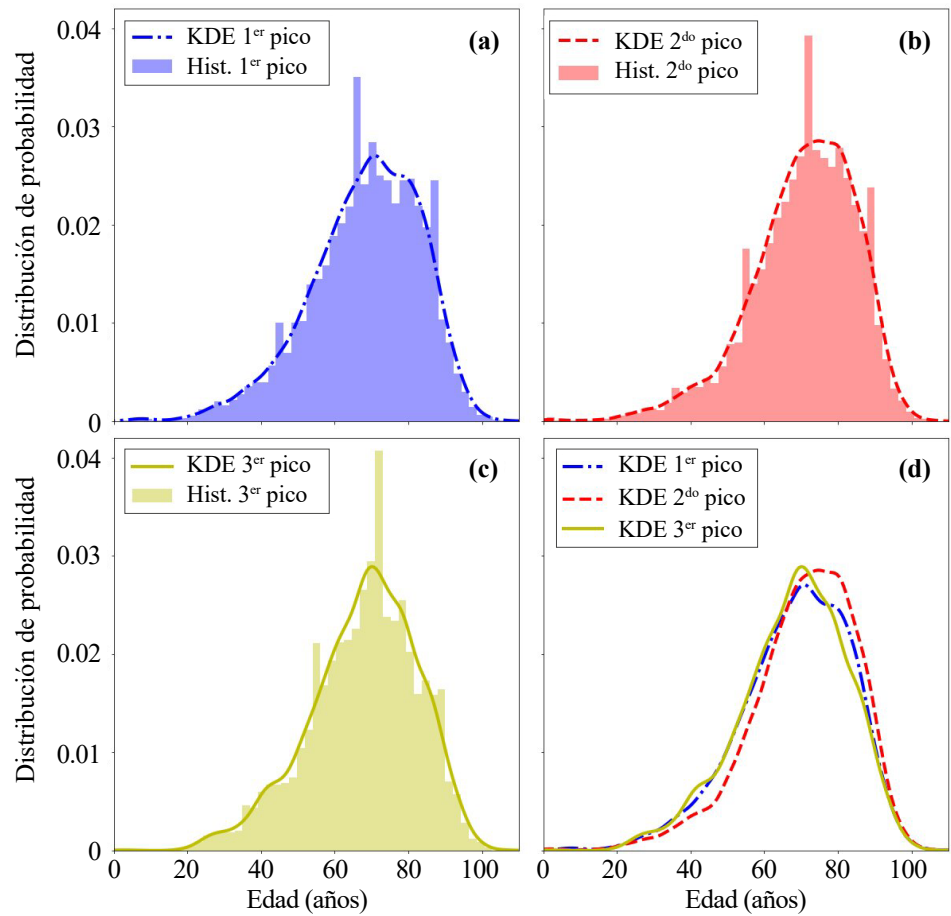


Figura 2. a). Histograma y distribución de probabilidad a partir de la KDE para los pacientes fallecidos por Covid-19 en función de sus edades en el primer pico de la pandemia en Colombia. b). Histograma y distribución de probabilidad a partir de la KDE para los pacientes fallecidos por Covid-19 en función de sus edades en el segundo pico de la pandemia en Colombia. c). Histograma y distribución de probabilidad a partir de la KDE para los pacientes fallecidos por Covid-19 en función de sus edades en el tercer pico de la pandemia en Colombia. d). Comparación de las distribuciones de probabilidad de fallecidos por Covid-19 obtenidas a partir de la KDE para los tres picos de la pandemia en Colombia.

valores de entrada son el número de fallecidos por Covid-19 en función de las edades, para los tres diferentes picos de la pandemia en Colombia. En esta figura se puede identificar cómo varía la función de distribución obtenida a partir de la KDE para los tres diferentes picos en relación al histograma respectivo.

Letalidad

La letalidad es una medida de la gravedad de una enfermedad estimada desde el punto de vista poblacional, y se precisa como la proporción de casos de una enfermedad que surgen mortales con respecto al total de casos en un periodo determinado (Gómez-Gómez, Danglot-Banck, y Velásquez-Jones, 2001), (Pinzón, 2020), (Moreno-Altamirano, 2007) y se deduce de la siguiente manera :

$$Letalidad(\%) = \frac{M}{C} \times 100, \tag{1}$$

donde *M* representa el número de muertes por una enfermedad en un periodo determinado y *C* el número de casos diagnosticados de la misma enfermedad en el mismo periodo.

Resultados y Discusión

El número de casos positivos por día en Colombia, desde 6 de marzo del 2020 (día cero) hasta el 8 de mayo del 2021 (día 428), se pueden ver en la **figura 1**. Asimismo, se muestran con regiones sombreadas los intervalos de tiempo en los que se presentan los diferentes picos de la pandemia en este país. Como se mencionó en la metodología, dichos intervalos fueron obtenidos a partir del análisis de la función de ajuste por modelo GPR aplicado a los datos reportados por el INS. Las distribuciones de probabilidad en los tres picos tienen un comportamiento con ligeras diferencias para cada grupo de edad de estudio (ver **tabla 1**), manteniéndose como grupo con mayor porcentaje de casos positivos, independiente del pico, el de los colombianos entre 30 - 39 años edad, por otro lado, se tiene como grupo con menor porcentaje el de los colombianos entre 90 - 99 años de edad. Lo anterior está mostrando cómo la edad productiva y social está relacionada directamente con el porcentaje de casos positivos (**Goldstein, Lipsitch, y Cevik, 2020**)(**Monod y cols., 2021**), en donde los colombianos con edades entre los 20 y 60 años corresponden al 65 % de los casos confirmados para Covid-19.

En la **figura 2**-(a,b,c) se pueden ver los histogramas para los casos de los pacientes fallecidos por Covid-19 reportados por el INS en los tres diferentes picos, adicionalmente, se presentan sus respectivas distribuciones de probabilidad, mostrando cómo los pacientes con edades mayores a los 60 años manifiestan una mayor probabilidad de fallecer dentro del grupo total de fallecidos. Particularmente, en la figura 2d se observa la comparación de las tres distribuciones de probabilidad correspondientes a cada pico, en donde se puede evidenciar cómo se tienen mayores probabilidades de fallecer en personas con edades entre los 20 y los 69 años en el primer y tercer pico, comparadas con las pertenecientes al segundo pico. Asimismo, Se puede notar un corrimiento hacia edades menores en el máximo de la distribución del tercer pico, dejando un indicio de que la población con mayor riesgo pueden empezar a ser colombianos menores a los 70 años, estando en contraposición con lo que se presenta en el primer y segundo pico en Colombia y en otros países de Lationamérica (**Undurraga, Chowell, y Mizumoto, 2021**).

Las probabilidades de fallecer por Covid-19 para diferentes grupos de edades en los tres picos de la pandemia se presentan en la **tabla 2**, allí se evidencia con mayor precisión, cómo los colombianos entre los 20 y 69 años de edad fallecidos por Covid-19 en el primer y tercer pico presentan un mayor porcentaje dentro de esta distribución, en comparación con los colombianos en este mismo rango de edades pertenecientes al segundo pico. Cabe resaltar, como lo mencionan Rosselli (**Rosselli, 2020**) y Mathwe (**Mathew, 2020**), que los

Tabla 1. Distribución de probabilidad de casos positivos (DPC) por Covid-19 para diferentes grupos de edades en Colombia reportados por el INS en los tres diferentes picos de la pandemia.

Edad (años)	DPC (%)		
	1 ^{er} Pico	2 ^{do} Pico	3 ^{er} Pico
0-9	3.215	2.444	2.838
10-19	5.813	6.04	6.884
20-29	19.092	19.925	17.4
30-39	22.028	20.712	19.434
40-49	15.363	14.784	15.047
50-59	11.592	12.356	13.119
60-69	6.712	7.672	8.826
70-79	3.804	4.081	4.213
80-89	1.781	1.919	1.725
90-99	0.359	0.408	0.344

fallecidos dentro de los primeros días no solo son consecuencias fatales del virus, sino parte de la inexperiencia mundial frente al nuevo virus, centrando la atención en las dinámicas de las probabilidades entre el segundo y tercer pico, pues es allí donde se conocen los protocolos para tratar al virus de manera más homogénea. Es importante evidenciar que no se está obteniendo una redistribución de probabilidad debido a una disminución de muertes en un grupo específico, por el contrario, se presentan aumentos en las tasas de letalidad de los colombianos mayores a 20 años (ver **tabla 3**).

En la **tabla 4** se compararon las distribuciones de probabilidad entre el segundo y tercer pico en cada departamento (distrito) de Colombia para tres grupos de edades (**Primer grupo**: personas entre los 20 y 44 años de edad, **segundo grupo**: personas entre los 45 y 69 años de edad y **tercer grupo**: personas entre los 70 y 100 años de edad). Se puede notar que los únicos departamentos que presentan disminución en las probabilidades entre el segundo y tercer pico para el primer grupo de edades son: Huila, Norte de Santander, Cauca, Cesar,

Tabla 2. Distribución de probabilidad de fallecer (DPF) por Covid-19 para diferentes grupos de edades en Colombia reportados por el INS en los tres diferentes picos de la pandemia.

DPF (%)			
Edad (años)	1 ^{er} Pico	2 ^{do} Pico	3 ^{er} Pico
0-9	0.139	0.1	0.036
10-19	0.163	0.129	0.057
20-29	0.977	0.754	1.061
30-39	2.741	1.916	2.805
40-49	5.988	4.017	6.508
50-59	13.046	10.354	13.507
60-69	21.13	20.291	21.948
70-79	23.295	25.138	24.076
80-89	17.843	21.728	14.644
90-99	4.356	5.898	4.472

Tabla 3. Letalidad para diferentes grupos de edades en Colombia para el segundo y tercer pico. La tabla muestra la cantidad de muertos por cada mil contagiados de ese grupo de edad.

Letalidad (%)		
Edad (años)	2 ^{do} Pico	3 ^{er} Pico
0-9	0.1	0.038
10-19	0.045	0.013
20-29	0.09	0.171
30-39	0.212	0.37
40-49	0.631	1.206
50-59	1.923	2.836
60-69	6.096	7.18
70-79	14.483	16.221
80-89	24.798	25.854
90-99	32.644	33.471
0-100	2.298	2.779

Tabla 4. Distribuciones de probabilidad de pacientes fallecidos por Covid-19 en diferentes departamentos (distritos) de Colombia para el segundo y tercer pico. La comparación también se hace entre grupos de edades. Las celdas de color amarillo representan los porcentajes que aumentaron entre el 1 % y el 5 % del segundo al tercer pico. Las celdas de color naranja representan los porcentajes que aumentaron más del 5 % en el tercer pico.

Departamento	Distribución de probabilidad %					
	20 - 44 (años)		45 - 69 (años)		70 - 100 (años)	
	2 ^{do} Pico	3 ^{er} Pico	2 ^{do} Pico	3 ^{er} Pico	2 ^{do} Pico	3 ^{er} Pico
Bogotá	4.031	5.849	34.799	38.848	56.777	51.31
Valle	3.821	5.878	33.514	34.383	60.432	55.379
Antioquia	3.84	7.066	32.034	42.889	61.529	46.174
Cartagena	3.956	10.238	36.666	44.412	55.15	41.206
Huila	7.437	1.406	38.864	38.779	49.735	56.369
Meta	5.471	11.009	42.732	43.984	48.006	40.534
Risaralda	3.762	5.497	33.977	31.745	57.959	58.427
Norte Santander	7.368	3.586	46.453	37.467	43.084	55.011
Caldas	2.973	7.075	30.919	36.009	62.297	51.423
Cundinamarca	5.242	7.965	35.0	40.898	56.485	47.34
Barranquilla	4.142	7.853	36.716	42.693	53.856	45.373
Santander	4.565	6.895	37.379	38.447	54.351	48.527
Quindío	3.457	3.907	31.847	36.107	60.732	54.922
Tolima	4.582	6.51	32.767	39.728	58.57	47.192
Cauca	4.855	0.25	25.58	40.133	65.653	56.238
Sta Marta D.e.	6.273	10.1	44.645	45.67	45.066	40.264
Cesar	8.647	7.835	38.038	46.77	49.19	41.173
Casanare	8.309	16.243	49.663	47.732	37.932	32.278
Nariño	5.975	6.005	35.029	41.926	54.587	47.513
Atlántico	7.118	7.497	37.075	46.586	51.006	42.155
Boyacá	5.197	7.019	34.175	29.114	56.121	57.629
Córdoba	10.069	5.817	28.952	41.012	54.08	46.85
Bolívar	6.866	7.494	27.943	32.552	59.433	52.077
Sucre	5.402	5.653	37.569	31.369	51.902	57.937
Magdalena	5.459	10.525	40.566	43.975	49.851	42.092
Guajira	9.079	14.13	37.151	46.132	48.725	34.512
Chocó	11.372	5.026	41.908	43.032	42.576	46.758
Amazonas	35.948	16.657	39.842	54.758	19.084	24.061
Caquetá	6.258	2.053	40.422	51.073	48.412	42.522
Putumayo	7.626	23.321	39.991	37.503	49.385	27.781
Arauca	4.316	3.08	38.383	43.933	54.131	48.834

Córdoba, Chocó, Amazonas, Caquetá y Arauca, por el contrario, departamentos (distritos) como: Cartagena, Meta, Casanare, Magdalena, Guajira y Putumayo presentan aumentos de más del 5 % en el porcentaje de fallecidos por Covid-19 en este grupo de edades; el caso más crítico está en el departamento de Putumayo, el cuál presenta un aumento de más del 15 %. Las distribuciones de probabilidad para el segundo grupo de edades presenta una situación un poco más crítica, ya que más del 45 % de los departamentos (distritos) presentan aumentos en sus probabilidades de más del 5 %, alertando a estos departamentos a tomar medidas que prevengan estos porcentajes en edades de 45 a 69

años. Los casos con un aumento mayor al 10 % en la probabilidad de pacientes fallecidos para el segundo grupo son: Antioquia, Cauca, Córdoba, Amazonas y Caquetá. Por último, se puede evidenciar que para el tercer grupo de edades son pocos los departamentos que presentan aumento entre el segundo y tercer pico, siendo los más afectados: Huila, Norte de Santander y Sucre.

Conclusiones

En este trabajo se presenta una comparación de las distribuciones de probabilidad tanto de los casos positivos por Covid-19 como de los casos fallecidos por la misma enfermedad para los tres diferentes picos de la pandemia. Se evidenciaron cambios insignificantes en las distribuciones asociadas a los casos positivos entre los tres diferentes picos, y se confirma que los colombianos con mayor probabilidad de contagio presentan edades entre los 20 y los 60 años. Asimismo, se obtienen aumentos en las probabilidades de fallecer de los pacientes con edades entre 20 y 69 años y disminuciones en la misma probabilidad en pacientes mayores a los 70 años, lo anterior a partir del análisis de las distribuciones de probabilidad y las letalidades en el tercer pico.

Adicionalmente, departamentos (distritos) como: Cartagena, Meta, Casanare, Magdalena, Guajira y Putumayo presentan un aumento de más del 5 % en la probabilidad de fallecer en el tercer pico, para los pacientes entre los 20 y los 44 años edad, siendo el departamento más crítico el del Putumayo, con un aumento de más del 15 %. De igual forma, se muestra que Antioquia, Cauca, Córdoba, Amazonas y Caquetá presentan un aumento de más del 10 % en la probabilidad de fallecer en el tercer pico para los pacientes con edades entre los 45 y los 69 años. Por último, los únicos departamentos que no han presentado disminución en la probabilidad de fallecer en pacientes mayores a 70 años para el tercer pico son: Huila, Risaralda, Norte de Santander, Boyacá, Sucre, Chocó y Amazonas.

Para finalizar, se espera que se pueda seguir una ruta eficaz para la vacunación en Colombia (**Gomez Marín y cols.**, 2021), pues hasta ahora se ha alcanzado una disminución en los porcentajes de pacientes fallecidos mayores a 70 años, pero estas disminuciones se han distribuido en otros grupos de edades, afectando en mayor medida a colombianos entre los 45 y 69 años de edad en diferentes departamentos de Colombia.

Agradecimientos

Se quiere dar un agradecimiento especial a todas las personas que trabajaron en el desarrollo de las librerías computacionales *Pandas*, *Numpy*, *Scipy*, *Matplotlib* y *Seaborn* del lenguaje *Python*, lo cuál permitió la manipulación y estudio de las grandes cantidades de información. Asimismo, se desea rendir homenaje a los más de cien mil decesos que ha dejado esta pandemia en Colombia, dedicando este trabajo a todas y cada una de sus familias que sienten su ausencia.

Contribución de los autores

JJVG generó la idea y desarrolló parte del código en *Python* para la manipulación de los datos reportados por el INS. MXAB revisó el código y realizó ajustes de optimización. El análisis estadístico, la redacción del artículo y el diseño de las figuras se trabajó de manera conjunta.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con respecto al contenido de este artículo.

Referencias

- Bwire, G. M., y Paulo, L. S.** (2020). Coronavirus disease-2019: is fever an adequate screening for the returning travelers? *Tropical medicine and health*. **48** (1): 1-3.
- Casos positivos de COVID-19 en Colombia — Datos Abiertos Colombia.** (s.f.). Descargado el 13 de mayo de 2021 de <https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/Casos-positivos-de-COVID-19-en-Colombia/gt2j-8ykr/data>

- Cruz, M. P., Santos, E., Cervantes, M. V., y Juárez, M. L.** (2020). Covid-19, una emergencia de salud pública mundial. *Revista Clínica Española*.
- Dey, S. K., Rahman, M. M., Siddiqi, U. R., y Howlader, A.** (2020). Analyzing the epidemiological outbreak of covid-19: A visual exploratory data analysis approach. *Journal of medical virology*. **92** (6): 632-638.
- García Chilan, C., y Viteri Paredes, J.** (2010). *Análisis e implementación de algoritmos para distorsionar imágenes con distintos tipos de ruido y aplicación de filtros en dos dimensiones para restaurarlas* (B.S. thesis).
- Goldstein, E., Lipsitch, M., y Cevik, M.** (2020). On the effect of age on the transmission of sars-cov-2 in households, schools and the community. *medRxiv*. Descargado de <https://www.medrxiv.org/content/early/2020/07/28/2020.07.19.20157362> doi: 10.1101/2020.07.19.20157362
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C., Velásquez-Jones, L.** (2001). Bases para la revisión crítica de artículos médicos. *Rev Mex Pediatr*. **68** (4): 152-159.
- Gomez Marín, J. E., Castaño Osorio, J. C., Patarroyo, M. A., Mejía-Oquendo, M., Valdivia-Granda, W., Álvarez, C., Sepúlveda-Arias, J. C.** (2021, 03). Una hoja de ruta para la Vacuna COVID 19 en Colombia, un reto posible. *Infectio*. **25**: 7-10. Descargado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-93922021000100007&nrm=iso
- Gu, C., Zhu, J., Sun, Y., Zhou, K., y Gu, J.** (2020). The inflection point about covid-19 may have passed. *Science bulletin*.
- Irvine, M. A., y Hollingsworth, T. D.** (2018). Kernel-density estimation and approximate bayesian computation for flexible epidemiological model fitting in python. *Epidemics*. **25**: 80-88. Descargado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755436518300185> doi: <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2018.05.009>
- Lai, C.-C., Shih, T.-P., Ko, W.-C., Tang, H.-J., y Hsueh, P.-R.** (2020). Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (sars-cov-2) and coronavirus disease-2019 (covid-19): The epidemic and the challenges. *International journal of antimicrobial agents*. **55** (3): 105924.
- Lu, R., Zhao, X., Li, J., Niu, P., Yang, B., Wu, H., others** (2020). Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *The lancet*. **395** (10224): 565-574.
- Mahase, E.** (2020). Covid-19: Who declares pandemic because of “alarming levels” of spread, severity, and inaction. *Bmj*, **368**.
- Mathew, R.** (2020). Rammya mathew: We must not be guided by bad science on covid-19. *BMJ*, **369**. Descargado de <https://www.bmj.com/content/369/bmj.m2241> doi: 10.1136/bmj.m2241
- Ministerio de Salud y Protección Social.** (s.f.). Descargado el 17 de mayo de 2021 de <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Minsalud- información del Coronavirus COVID-19.** (s.f.). Descargado el 17 de mayo de 2021 de <https://www.minsalud.gov.co/portada-covid-19.html>
- Monod, M., Blenkinsop, A., Xi, X., Hebert, D., Bershian, S., Tietze, S.** (2021). Age groups that sustain resurging covid-19 epidemics in the united states. *Science*. **371** (6536). Descargado de <https://science.sciencemag.org/content/371/6536/eabe8372> doi: 10.1126/science.abe8372
- Moreno-Altamirano, S.-B. A., López-Moreno, A.** (2007). Principales medidas en epidemiología. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. Descargado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223219928011>
- Peng, L., Yang, W., Zhang, D., Zhuge, C., y Hong, L.** (2020). Epidemic analysis of covid-19 in china by dynamical modeling. *arXiv preprint arXiv:2002.06563*.
- Phan, T.** (2020). Genetic diversity and evolution of sars-cov-2. *Infection, Genetics and Evolution*, **81**: 104260. Descargado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567134820300915> doi: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104260>
- Pinzón, J. E. D.** (2020). Estimación de las tasas de mortalidad y letalidad por covid-19 en colombia. *Revista Repertorio de Medicina y Cirugía*, 89-93.
- Rosselli, D.** (2020, 05). Covid-19 en colombia: los primeros 90 días. *Acta Neurológica Colombiana*, **36**: 1-6. doi: 10.22379/24224022287
- Terrell, G. R., y Scott, D. W.** (1992). Variable kernel density estimation. *The Annals of Statistics*, **20** (3): 1236-1265. Descargado de <http://www.jstor.org/stable/2242011>
- Undurraga, E. A., Chowell, G., Mizumoto, K.** (2021). Covid-19 case fatality risk by age and gender in a high testing setting in latin america: Chile, march–august 2020. *Infectious Diseases of Poverty*, **10** (1). doi: 10.1186/s40249-020-00785-1
- Waskom, M. L.** (2021). seaborn: statistical data visualization. *Journal of Open Source Software*, **6** (60): 3021. Descargado de <https://doi.org/10.21105/joss.03021> doi: 10.21105/joss.03021