

# Efectos de las variables meteorológicas y agentes contaminantes en la propagación del covid-19 en Bogotá y Barranquilla, Colombia

## Effects of meteorological variables and pollutants on the spread of covid-19 in Bogota and Barranquilla, Colombia

Laura Nataly Camargo Aguilera<sup>1</sup>, Lina Jaidith Rodriguez Ribero<sup>2</sup>,  
Leila Nayibe Ramírez Castañeda<sup>3</sup>, Gina Paola González Angarita<sup>4</sup>

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9059-6631>. Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [lauran-camargoa@unilibre.edu.co](mailto:lauran-camargoa@unilibre.edu.co)

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-6505-6334>. Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [linaj-rodriguezr@unilibre.edu.co](mailto:linaj-rodriguezr@unilibre.edu.co)

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-0651-0971>. Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [leylan.ramirezr@unilibre.edu.co](mailto:leylan.ramirezr@unilibre.edu.co)

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-9436-5371>. Universidad Libre, Bogotá, Colombia, [ginap.gonzaleza@unilibre.edu.co](mailto:ginap.gonzaleza@unilibre.edu.co)

Fecha de recepción: 31/10/2023

Fecha de aceptación del artículo: 07/12/2023



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.10855>

Cómo citar: Rodríguez Ribero, L. Jaidith, Camargo Aguilera, L. N., González Angarita, G. P., & Ramírez Castañeda, L. N. Efectos de las variables meteorológicas y agentes contaminantes en la propagación del covid-19 en Bogotá y Barranquilla, Colombia. Avances investigación en ingeniería, 20(2). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.10855>.

## Resumen

Estudios previos han demostrado la relación de los contaminantes del aire y los factores meteorológicos con la propagación del COVID-19. Esta investigación tiene como objetivo determinar si hay una significativa correlación entre las variables meteorológicas (temperatura, precipitación, velocidad del viento) y contaminante atmosférico (PM2.5) con los casos de la pandemia de COVID-19 en Bogotá y Barranquilla, Colombia, en el año 2020. Se emplearon análisis de correlación de Pearson y Correlación de Spearman, de acuerdo con su distribución de normalidad realizado por el test de Shapiro Wilk. Los hallazgos indicaron una correlación significativa para la temperatura con los casos diarios en Bogotá y Barranquilla.

**Palabras clave:** Barranquilla, Bogotá, Colombia, COVID-19, PM 2.5, variables climatológicas.

## Abstract

Previous studies have shown the relationship of air pollutants and meteorological factors with the spread of COVID-19. This research aims to determine if there is a significant correlation between meteorological variables (temperature, precipitation, wind speed) and atmospheric pollutant (PM2.5) with the COVID-19 pandemic cases in Bogota and Barranquilla, Colombia in 2020. Pearson correlation and Spearman correlation analyses were used according to their normal distribution by the Shapiro Wilk test. Our findings indicated a significant correlation for temperature with daily cases in the city of Bogotá and Barranquilla.

**Keywords:** Barranquilla, Bogotá, Colombia, COVID-19, PM 2.5, weather variables.

## 1. Introducción

El COVID 19 fue considerado como una pandemia de alta propagación en todo el mundo y se registró por primera vez en la ciudad de Wuhan China en diciembre de 2019. Dicha ciudad registra altos índices de contaminación y particularmente es la primera ciudad que inicia los procesos de cuarentena para mitigar la transmisión de la enfermedad [1], [2].

Ante este escenario, algunas investigaciones reportadas, como en Singapur, se analiza la relación del COVID-19, la calidad del aire y las variables climáticas, por medio de la correlación de Spearman (0.54), que identifica que la correlación es positiva con dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y altas concentraciones con PM<sub>2.5</sub> (0.34).

Con respecto a las variables climáticas, se asocia la precipitación y la humedad relativa con bajos casos de COVID 19, es decir que los coeficientes son negativos (-0.23 y -0.032) [3].

En Rusia también se determina la temperatura como uno de los parámetros claves en la propagación de la pandemia, debido a que tiene una fuerte correlación positiva de Pearson de 0,9 con los casos de COVID-19 [4].

Además, en Nueva York se identifica estadísticamente una correlación significativa de las variables temperatura promedio, temperatura mínima y calidad del aire con los casos totales del COVID-19; los coeficientes de Spearman son positivos para la temperatura media y temperatura mínima con 0.379 y 0.317; por otro lado, para la calidad del aire se obtiene un coeficiente negativo con 0.667[5].

En América Latina y la región Caribe se asociaron los casos de COVID-19 con los datos de la temperatura, la precipitación, la velocidad del viento, el material particulado PM 2.5 y otros contaminantes

atmosféricos de la región. Igualmente, los casos de contagio muestran una correlación negativa de Spearman significativa con un nivel de significancia del 5 % con la temperatura en Ciudad de México (-0,254), San Juan (-0,287), São Paulo (-0,234), Guayaquil (-0,268) y Buenos Aires (-0,297), donde la temperatura es la variable con las correlaciones más significativas comparadas con las demás variables meteorológicas y de calidad del aire [6].

En Colombia, el primer caso de coronavirus se confirmó el 6 de marzo de 2020 en Bogotá [7]. Los casos de contagiados fueron aumentando en el territorio colombiano y llegaron al 31 de diciembre del 2020 a un total de 1.642.775, 43.213 muertes y 86.777 casos activos.

Con respecto a las emisiones atmosféricas, se observó que para el 2020, las concentraciones más altas de material particulado PM<sub>2.5</sub> en Bogotá se presentaron en la zona suroccidental, en las localidades de Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar y Tunjuelito entre 24 y 29 µg/m<sup>3</sup>. La concentración más alta se encontró en la estación de monitoreo Carvajal - Sevillana con 29.2 µg/m<sup>3</sup>, que lograron superar la norma anual de niveles máximos permisibles de 25 µg/m<sup>3</sup> (Res 2254 de 2017).

La dirección del viento que tiende a ser de oriente a occidente durante la mayor parte del tiempo, logró influir principalmente al comportamiento del PM 2.5 [8].

Adicionalmente, se identifica la PM<sub>2.5</sub> como la variable con mayor correlación con un coeficiente de Spearman negativo (-0.552); también se encuentra correlación negativa para las variables temperatura máxima (-0.206), media (-0.132), mínima (-0.088) y para la velocidad del viento (-0.022); solamente hay correlación positiva para la precipitación (0.133) [6].

En Cartagena se analiza la correlación entre variables climáticas (temperatura mínima,

temperatura máxima, temperatura media y humedad relativa) con los casos diarios de COVID-19; para la metodología se utiliza la correlación de Spearman debido a que los datos no se distribuyen normalmente. Se encontró una correlación significativa entre la temperatura media, temperatura mínima y la humedad relativa con los casos diarios de COVID-19; los coeficientes de Spearman son de 0.746, 0.704 y 0.565; [9].

La presente investigación analiza el efecto de las variables meteorológicas (temperatura, velocidad del viento y precipitación) y el material particulado (PM<sub>2.5</sub>) sobre los casos de COVID-19 en dos ciudades con condiciones ambientales distintas.

Lo anterior con el fin de aportar a la construcción de lineamientos en la propuesta de políticas públicas, con el propósito de reducir la propagación para las zonas en donde se realizó el estudio y así mismo, prevenir futuras enfermedades infecciosas similares.

## 2. Metodología

### 2.1. Área de estudio

La zona de estudio se localiza en dos ciudades de Colombia con diferencias climatológicas y altitudinales. La primera de ellas es Bogotá con un área de 1,775 km<sup>2</sup>, está a una altitud de 2.640 m.s.n.m y está constituido por 20 localidades; su clima tiene una distribución bimodal con 2 temporadas lluviosas (abril-mayo y octubre-noviembre) y 2 secas(enero-febrero y julio-agosto) [10],

además, en el 2020 se registraron 391.373 casos de COVID-19. Por otro lado, Barranquilla es la capital del departamento Atlántico, con una extensión de 166 km<sup>2</sup> y una altitud de 24 m s.n.m; dicha ciudad cuenta con una distribución climática con un período seco (diciembre - mayo) y un período de lluvias (abril - noviembre) [11].

La localización de las ciudades de estudio se muestra en la Figura 1. La cifra de casos registrados de COVID-19 en el 2020 fue de 61.324 personas.

### 2.2. Recolección de datos

#### 2.2.1. Datos meteorológicos y calidad del aire

Los datos meteorológicos utilizados fueron precipitación, temperatura y velocidad del viento; para calidad del aire se empleó el material particulado (PM<sub>2.5</sub>). Estos datos fueron obtenidos en la página web de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá RMCAB de la Secretaría Distrital de Ambiente (<http://201.245.192.252:81/home/map>) para Bogotá. Los datos fueron obtenidos de 10 estaciones de la RMCAB, y para la selección se tuvieron en cuenta las estaciones meteorológicas que cumplieran con los criterios de completitud y calidad de la información (Tabla 1).

Para Barranquilla los datos de las variables meteorológicas fueron obtenidos de la Secretaría de Ambiente de Barranquilla, y para cumplir con los criterios de selección se consideraron los datos de la estación Escuela de Policía Antonio Nariño.

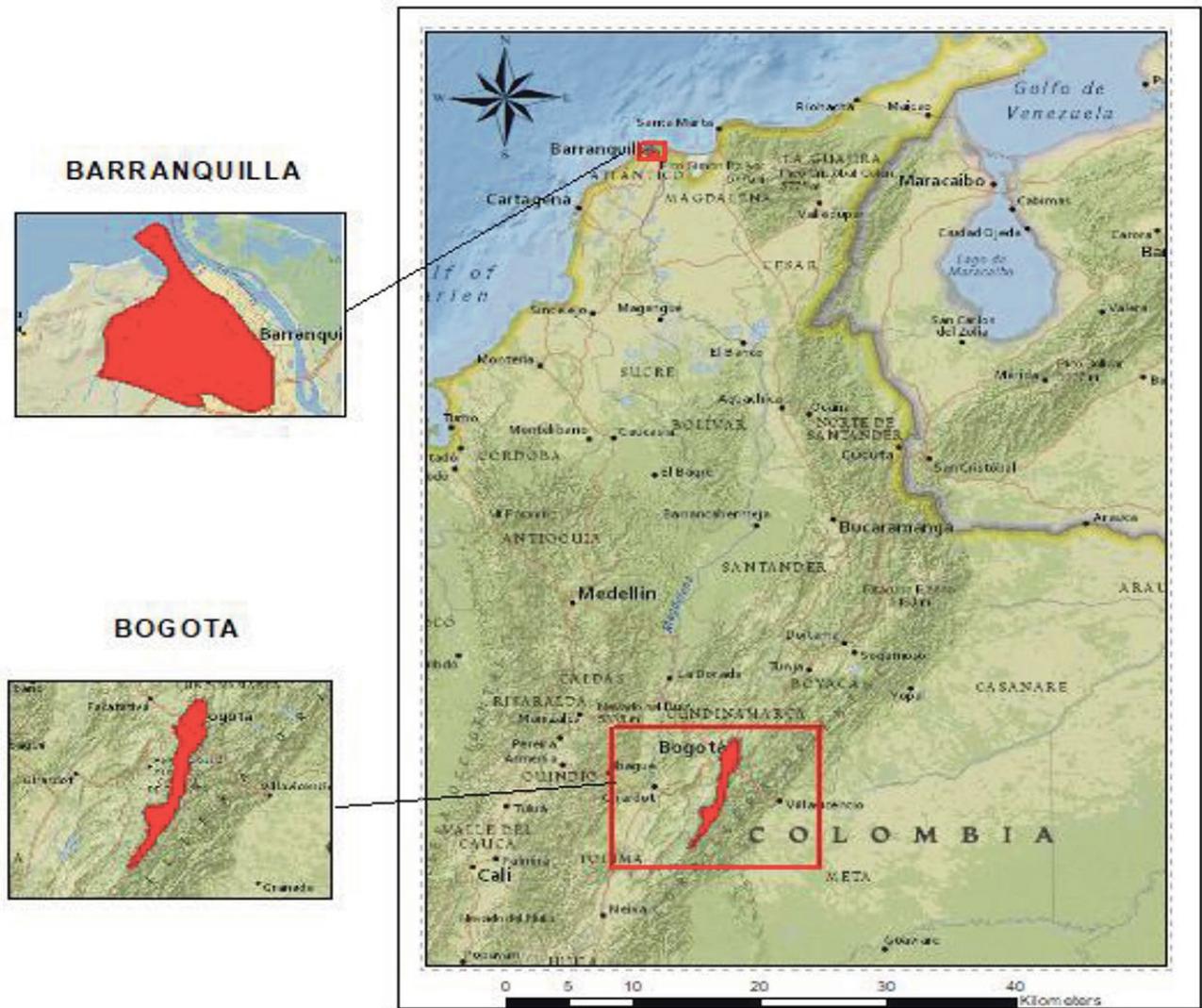


Figura 1. Mapa de localización de las áreas de estudio.

El horizonte temporal de análisis para este estudio corresponde desde el 1 de enero hasta el 30 de diciembre del 2020, que permitió establecer la correlación entre las variables seleccionadas y los picos de contaminación más altos del virus.

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones meteorológicas seleccionadas

Ciudad	Estación	Latitud	Longitud
Bogotá	Suba	4°45'40.49"N	74° 5'36.46"W
	Guaymaral	4°47'01.5"N	74°02'38.9"W
	Usaquén	4°42'37.26"N	74°1'49.50"W
	Centro de Alto Rendimiento	4°39'30.48"N	74°5'2.28"W
	Las Ferias	4°41'26.52"N	74°4'56.94"W
	Fontibón	4°40'41.67"N	74°8'37.75"W
	Puente Aranda	4°37'54.36"N	74°7'2.94"W
	Kennedy	4°37'30.18"N	74°9'40.80"W
	Carvajal – Sevillana	4°35'45.0"N	74°08'54.6"W
Barranquilla	San Cristóbal	4°34'21.19"N	74°5'1.73"W
	Escuela de Policía Antonio Nariño	10°58'55.89" N	74°47'17.73"O

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente

### 2.2.2 Datos COVID-19

El número de casos reportados de contagiados de COVID-19 se obtuvo a partir de la plataforma Base de Datos Abiertos del gobierno colombiano administrada por el Instituto Nacional de Salud, entidad adscrita al Ministerio de Salud y Protección Social (<https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/Casos-positivos-de-COVID-19-en-Colombia/gt2j-8ykr/data>). La extracción de la información corresponde a las ciudades de Bogotá y Barranquilla. Las bases de datos contienen campos que hacen referencia a las fechas de contagio, fecha de inicio de síntomas, reporte y fecha de toma de prueba de Covid-19. Para la presente investigación se considera prioritario el análisis a partir de las columnas: fecha de inicio de síntomas y ubicación del contagiado.

### 2.3 Análisis estadístico

Mediante el programa estadístico Rstudio, se realizó el preprocesamiento de calidad de datos y posteriormente se utilizaron las técnicas de estadística descriptiva de cada variable para determinar y entender su comportamiento actual.

Dentro de las técnicas de estadística descriptiva para las variables de estudio, se aplican los conceptos necesarios para determinar la distribución de probabilidad empírica. Para validar su aproximación a funciones de distribución de probabilidad normal, se validan las hipótesis a través del Test de Shapiro Wilk de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$W = \frac{1}{\sum_{j=1}^n (x_j - \mu)^2} \left[ \sum_{j=1}^h a_{j,n(x_n - j + 1) - x_j} \right]^2 \quad (\text{ECUACIÓN 1})$$

n= es el número de datos

$x_j$ =es el dato en orden ascendente de muestra que ocupa el lugar j

$\mu$  =es la media

h= es n/2 si n es par o ((n-1))/2 si n es impar

$a_{j,n}$  = es un valor tabulado.

La prueba permite corroborar la utilización de técnicas para definir la correlación entre variables cumpliendo sus supuestos. Es así como la correlación calculada con Pearson es recomendada para datos cuyo comportamiento tiene una distribución normal; de lo contrario se sugiere la correlación de Spearman ( $r_s$ ) [12].

Ecuaciones de Pearson:

$$r = \frac{N \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (\text{ECUACIÓN 2})$$

X= variable 1

Y= variable 2

N= Número de datos

Ecuación de Spearman:

$$r_s = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \sum_{i=1}^n d_i^2 \quad (\text{ECUACIÓN 3})$$

$d_i$ = Diferencia entre rangos asignados

n= Número de pares de datos

## 3. Resultados

### 3.1 Análisis estadístico

#### 3.1.1. Localidades de Bogotá

En la Tabla 3 presenta la temperatura, PM 2.5, velocidad del viento y precipitación con sus respectivos máximos, mínimos y medios por localidad durante el periodo de estudio.

En las tablas 2 y 4 se presentan la clasificación de los rangos de correlación [13], la normalidad de los datos y el coeficiente de correlación. La correlación osciló entre -0.81 y 0.54. La velocidad del viento en Engativá tuvo la mayor correlación positiva (0,54), mientras que las correlaciones significativas negativas fueron con la temperatura en Kennedy (-0.81) y San Cristóbal (-0.80); se evidencia que Kennedy es la localidad con más casos de COVID-19 y, de igual, forma es

la que obtuvo la mayor correlación negativa; además, la localidad de Suba fue la que tuvo los menores casos y obtuvo el coeficiente de correlación positivo más alto.

La variable temperatura evidenció un comportamiento normal en 8 localidades. El PM2.5 se comportó normalmente en 6 localidades. La precipitación reflejó una distribución normal en cuatro localidades (Kennedy - Carvajal, Kennedy, Fontibón y Puente Aranda). La velocidad del viento y los casos de COVID19 se comportaron normalmente en todas las localidades.

El mayor coeficiente de correlación del PM2.5 fue en Usaquén (0.34) y en la mayoría de las localidades la correlación fue negativa y débil. Con la temperatura, la mayor correlación positiva es de Suba con 0.51, clasificada

como correlación moderada; Kennedy y San Cristóbal tienen una correlación fuerte negativa de -0.81 y -0.8 respectivamente. Con respecto a la velocidad del viento, Engativá tuvo una correlación moderada positiva con 0.54; por otro lado, Barrios Unidos evidenció una correlación moderada negativa de -0.53.

Finalmente, la precipitación evidenció correlaciones positivas en la mayor parte de localidades y fue San Cristóbal la de mayor correlación moderada con 0.52; las localidades en las que se observaron correlaciones negativas débiles fueron Kennedy y Fontibón con -0.14 y -0.05.

**Tabla 2.** Rangos de correlación

Débil	Moderada	Fuerte
$-0.5 \leq r \leq 0.5$	$-0.8 < r < 0.5$ o $0.5 < r < 0.8$	$r \geq 0.8$ o $r \leq -0.8$

Fuente:[13]

**Tabla 3.** Medidas de Tendencia Central de las variables de estudio de las localidades de Bogotá del año 2020

Localidades	Temperatura			PM 2.5			Velocidad del viento			Precipitación			CASOS COVID
	Min.	Med.	Máx.	Min.	Med.	Máx.	Min.	Med.	Máx.	Min.	Med	Máx.	
1	14.75	15.16	15.2	15.74	23.06	23.73	1.52	1.74	2.03	39.8	1192.24	280.45	9.428
2	12.92	14	15.05	4.69	11.87	26.11	1.45	1.77	2.03	35.3	1458.20	433.9	18.751
3	14.69	16.11	17.81	12.91	21.38	38.79	1.95	2.33	2.61	20	1574.72	281.1	54.919
4	15.43	16	16.98	18.36	29.01	43.7	1.39	1.68	1.95	0.9	753.40	159.2	
5	13.76	14.39	15.26	11.96	19.32	37.51	1.46	1.85	2.22	28.96	1345.45	198.05	20.602
6	14.16	15.02	16.1	5.94	13.3	32.57	1.24	1.54	1.90	33.9	1060.60	236	8.143
7	13.76	14.39	15.26	2.987	12.884	34.361	1.46	1.86	2.22	15.8	784.70	236	45.130
8	13.18	14.06	14.88	12.59	20.55	37.33	1.71	2.10	2.49	5.7	703.70	139.2	16.646
9	13.25	14.21	15.05	6.672	13.539	29.896	1.47	1.64	1.91	17.1	897.60	235.1	2.050
10	14.79	15.04	15.06	16.7	22.18	22.68	1.17	1.60	2.19	38.6	996.00	242.6	

Abreviaciones: Mn., mínimo; Med., media; Máx., máxima; Med. para precipitación es la media acumulada. 1. Usaquén 2. San Cristóbal 3. Kennedy 4. Kennedy - Carvajal 5. Fontibón 6. Barrios Unidos 7. Engativá 8. Puente Aranda 9. Suba - Guaymaral 10. Suba

**Tabla 4.** Normalidad y coeficiente de correlación de las variables de estudio por localidades de Bogotá

Localidad	VARIABLES	P-Value shapiro.test	Coefficiente de correlación	Localidad	VARIABLES	P-Value shapiro.test	Coefficiente de correlación
Usaquén	PM 2.5	0	0.344	Engativá	PM 2.5	0.073	-0.399
	Temp.	0	0.344		Temp.	0.409	-0.558
	Vel. viento	0.490	0.173		Vel. viento	0.993	0.544
	mm	0.013	0.055		mm	0.003	0.287
	Covid-19	0.067	-		Covid-19	0.055	-
San Cristóbal	PM 2.5	0.146	-0.587	Suba - Guaymaral	PM 2.5 G	0.058	-0.396
	Temp.	0.948	-0.795		Temp. G	0.965	-0.501
	Vel. viento	0.254	-0.274		Vel. viento G	0.379	-0.432
	mm	0.001	0.522		mm G	0.006	0.063
	Covid-19	0.096	-		Covid-19 G	0.091	-
Kennedy - Carvajal	PM 2.5	0.774	-0.166	Suba	PM 2.5	0	0.019
	Temp.	0.178	-0.590		Temp.	0	0.507
	Vel. viento	0.879	-0.257		Vel. viento	0.388	0.019
	mm	0.073	0.258		mm	0.001	0.259
	Covid-19	0.141	-		Covid-19	0.091	-
Kennedy	PM 2.5	0.099	-0.357	Barrios Unidos	PM 2.5	0.034	-0.364
	Temp.	0.330	-0.808		Temp.	0.775	-0.391
	Vel. viento	0.771	-0.332		Vel. viento	0.970	-0.526
	mm	0.328	-0.142		mm	0.015	0.045
	Covid-19	0.141	-		Covid-19	0.055	-
Fontibón	PM 2.5	0.047	-0.168	Puente Aranda	PM 2.5	0.105	-0.227
	Temp.	0.299	-0.539		Temp.	0.946	-0.416
	Vel. viento	0.733	-0.472		Vel. viento	0.650	-0.128
	mm	0.620	-0.050		mm	0.548	0.361
	Covid-19	0.147	-		Covid-19	0.054	-

Abreviaciones: Temp., Temperatura (°C), mm: Precipitación (mm), Vel. Viento, Velocidad del viento (m/s), PM 2.5: Concentración de material particulado con un diámetro menor o igual a 2,5 micras ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

\*Los datos resaltados corresponden a las variables con distribución normal.

### 3.1.2. Barranquilla y Bogotá

Como se evidencia en la Tabla 6, en Bogotá todas las variables estaban distribuidas normalmente (indicadas en azul), excepto la precipitación; en Barranquilla, tres variables evidenciaron distribución normal (temperatura, velocidad del viento y precipitación) a excepción del COVID-19 y el PM2.5. La correlación entre las variables meteorológicas y el COVID-19 en Bogotá y Barranquilla son presentadas en la Figura 1. La variable

temperatura fue la que tuvo las correlaciones más significativas en las dos ciudades, de las cuales una fue positiva y la otra negativa.

De acuerdo con la Tabla 5, el promedio de temperatura en el año 2020 para Barranquilla fue de 26,51°C y para Bogotá fue de 14,84°C, mientras las concentraciones de PM 2.5 y precipitación fueron mayores en la capital con 18.71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 1076 mm. La velocidad del viento promedio fue similar en ambas ciudades.

**Tabla 5.** Medidas de tendencia central Bogotá y Barranquilla 2020

Variables	Barranquilla			Bogotá		
	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo
Temp.	25.49	26.51	27.65	14.07	14.84	15.66
PM 2.5	9.32	16.68	37.09	10.85	18.71	32.67
Vel. Viento	0.01	1.85	5.52	1.48	1.81	2.16
mm	0	780.2	194.6	23.61	1076.66	244.16

Abreviaciones: Temp., Temperatura (°C); mm, Precipitación (mm), Vel. Viento, Velocidad del viento (m/s), PM 2.5: Concentración de material particulado con un diámetro menor o igual a 2.5 micras ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Tabla 6 .** Valores de normalidad de las variables de estudio en Barranquilla y Bogotá

Variables	P-Value shapiro.test	
	Barranquilla	Bogotá
Covid-19	0.025	0.087
Temp.	0.932	0.4
PM 2.5	0.016	0.095
Vel. viento	0.093	0.38
mm	0.089	0.001

Abreviaciones: Temp., Temperatura (°c), mm: Precipitación (mm), Vel. viento, Velocidad del viento (m/s), PM 2.5: Concentración de material particulado con un diámetro menor o igual a 2,5 micras ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). \*Los datos resaltados corresponden a las variables con distribución normal.

**Tabla 7.** Coeficientes de correlación de las variables de estudio de Bogotá y Barranquilla

Ciudad	Variables	Coefficiente de correlación
Barranquilla	Temperatura	0.406
	PM 2.5	0.123
	Velocidad del viento	-0.305
	Precipitación	0.38
Bogotá	Temperatura	-0.793
	PM 2.5	-0.359
	Velocidad del viento	-0.218
	Precipitación	0.207

## Discusión

Barranquilla fue la más cálida con temperatura media de 26,51°C y presentó menos precipitaciones en comparación con Bogotá, la cual marcó una temperatura media de 14,84°C. A pesar de que Barranquilla tiene una extensión menor a Bogotá, presentó la mayor concentración de PM2.5 en el año, lo cual puede deberse a las bajas precipitaciones, ya que estas ayudan a regular las concentraciones de contaminantes [14], como material particulado en la atmósfera [15].

Los resultados de los coeficiente de correlación para Bogotá en este artículo y los realizados en la investigación de [6] fueron similares para todas las variables de estudio; sin embargo, en este estudio se identificó más significativa la correlación de las variables con el COVID-19 que en la del otro estudio, excepto la variable del PM 2.5.

De acuerdo con los resultados de este artículo, la temperatura reflejó una correlación

significativa negativa en Bogotá, de donde se deduce que a menor temperatura mayor número de casos de COVID-19, tal y como se evidenció en Ciudad de México, Lima, Sao Paulo, Santiago y Buenos Aires [6], Turquía [16] y en 166 países [17]. Sin embargo, en Barranquilla se encontró una correlación positiva, al igual que en Rusia [18] India [19] y Singapur [3], lo cual significa que a mayor temperatura, mayor número de casos de COVID-19.

Además, se encontró correlación positiva entre la precipitación y el COVID-19 en ambas ciudades, como también ocurrió en Ciudad de México y Guayaquil [6]. Por otro lado, la precipitación arrojó correlación negativa en los estudios hechos en Nueva York [5]. Una investigación en Rusia no evidencio correlación entre dichas variables [18] al igual que en varias provincias de Irán [20].

La velocidad del viento estuvo correlacionada con los casos de COVID-19 en Bogotá y Barranquilla; dicha correlación reflejó un

signo negativo al igual que en Italia [21] y varias provincias de Irán [20]. Sin embargo, investigaciones previas en Turquía [16] y Nueva York [5] encontraron que la correlación es positiva.

El PM2.5 tuvo correlación negativa en Bogotá, al igual que en otra investigación realizada en la misma ciudad [6]. En Barranquilla la correlación fue negativa débil, al igual que se concluyó en Nueva Jersey [22]. Por el contrario, en China se encontró correlación positiva significativa entre estas dos variables, sobre todo con exposiciones a corto plazo [23].

## Conclusión

En la presente investigación se encontraron correlaciones significativas negativas entre la temperatura media y el número de casos diarios de COVID-19 en Bogotá, mientras que en Barranquilla la correlación fue positiva, lo cual se puede deber a las medidas de cuarentena adoptadas por las entidades gubernamentales y diversos factores sociales como el comportamiento de las personas, de acuerdo con la temperatura, pues a mayor temperatura las personas salen más de sus casas, lo cual genera aglomeraciones y mayores interacciones

humanas. Adicionalmente, se encontró correlación positiva entre la precipitación y los casos de COVID-19. Debido a la divergencia de los resultados de las correlaciones entre las variables meteorológicas y de calidad del aire, se recomienda realizar más estudios similares en distintas ciudades de Colombia.

Las fortalezas de este estudio fueron la calidad de los datos del COVID-19 debido a que para el período de estudio el gobierno actualizaba los datos diariamente y estos eran de libre acceso; además el software estadístico empleado permitió su buen tratamiento. No obstante, este estudio tuvo algunas limitaciones. En primer lugar, no fue posible utilizar todas las estaciones meteorológicas de Bogotá y Barranquilla, debido a que algunas estaciones no realizaban la medición de las variables de estudios necesarias para esta investigación; así mismo, la disponibilidad de los datos de las estaciones usadas dificultó los análisis estadísticos y pudo disminuir la precisión de los resultados, puesto que se tropezaron con una situación de datos faltantes. En segundo lugar, no se consideraron los factores ambientales como lo socioeconómico, los períodos de cuarentena, condiciones ni antecedentes médicos.

## Referencias bibliográficas

- [1] L. Jafri, S. Ahmed, and I. Siddiqui, "Impact of COVID-19 on laboratory professionals-A descriptive cross sectional survey at a clinical chemistry laboratory in a developing country," *Ann. Med. Surg.*, vol. 57, pp. 70–75, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.amsu.2020.07.022.
- [2] OMS, "Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)," 2020. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses> (accessed Feb. 14, 2021).
- [3] J. S. L. Lorenzo, W. W. S. Tam, and W. J. Seow, "Association between air quality, meteorological factors and COVID-19 infection case numbers," *Environ. Res.*, vol. 197, p. 111024, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.envres.2021.111024.
- [4] M. Shankar, K. Gnanachandrasamy, G. Mahalakshmi, N. Devaraj, S. Prasanna, M.V Chidambaram, and R. Thilagavathi, "Meteorological parameters and COVID-19 spread-Russia a case study," *Environ. Resil. Transform. Times COVID-19*, 2021, doi:10.1016/B978-0-323-85512-9.00033-4.
- [5] M. F. Bashir et al., "Correlation between climate indicators and COVID-19 pandemic in New York, USA," *Sci. Total Environ.*, vol. 728, p. 138835, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138835.
- [6] T. Bolaño et al., "Spread of SARS-CoV-2 through Latin America and the Caribbean region: A look from its economic conditions, climate and air pollution indicators | Elsevier Enhanced Reader," Jul. 2020.
- [7] Ministerio de Salud, "Colombia confirma su primer caso de COVID-19," Mar. 2020. .
- [8] Secretaría de Ambiente, "Informe anual de calidad del aire de Bogotá Año 2020," 2021.
- [9] E. Cano - Pérez, J. Enrique, T. Pacheco, and M. C. Fragozo, "Correlation between temperature and humidity with COVID-19 pandemic in Cartagena, Colombia," doi: 10.37532/tses.2020.16(4).124.
- [10] IDEAM, Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo. Bogotá, 2007.
- [11] CIOH, "CLIMATOLOGÍA DE LOS PRINCIPALES PUERTOS DEL CARIBE COLOMBIANO." .
- [12] I. Díaz, C. García, M. León, F. Ruiz, and F. Torres, "Guía de Asociación entre variables (Pearson y Spearman en SPSS)," Chile, Nov. 2014.
- [13] J. L. Devore, "Fundamentos de probabilidad y estadística aplicada," pp. 1–354, 2019, [Online]. Available: <https://b-ok.lat/book/5274224/efa81c>.
- [14] J. Seinfeld and S. Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2006.
- [15] Z. Liu, L. Shen, C. Yan, J. Du, Y. Li, and H. Zhao, "Analysis of the Influence of Precipitation and Wind on PM2.5 and PM10 in the Atmosphere," *Adv. Meteorol.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/5039613.
- [16] M. Şahin, "Impact of weather on COVID-19 pandemic in Turkey," *Sci. Total Environ.*, vol. 728, Aug. 2020, doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138810.
- [17] Y. Wu et al., "Effects of temperature and humidity on the daily new cases and new deaths of COVID-19 in 166 countries," *Sci. Total Environ.*, vol. 729, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139051.
- [18] T. T. Lasisi and K. Kolawole Eluwole, "Is the weather-induced COVID-19 spread hypothesis a myth or reality? Evidence from the Russian Federation," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2020, doi: 10.1007/s11356-020-10808-x/Published.
- [19] S. S. R. Kolluru, A. K. Patra, Nazneen, and S. M. Shiva Nagendra, "Association of air pollution and meteorological variables with COVID-19 incidence: Evidence from five megacities in India," *Environ. Res.*, vol. 195, p. 110854, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.envres.2021.110854.
- [20] M. Ahmadi, A. Sharifi, S. Dorosti, S. Jafarzadeh Ghouschi, and N. Ghanbari, "Investigation of effective climatology parameters on COVID-19 outbreak in Iran," *Sci. Total Environ.*, vol. 729, Aug. 2020, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2020.138705.
- [21] M. Coccia, "How do low wind speeds and high levels of air pollution support the spread of COVID-19?," *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 12, no. 1, pp. 437–445, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.apr.2020.10.002.
- [22] B. Doğan, M. Ben Jebli, K. Shahzad, T. H. Farooq, and U. Shahzad, "Investigating the Effects of Meteorological Parameters on COVID-19: Case Study of New Jersey, United States," *Environ. Res.*, vol. 191, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.envres.2020.110148.
- [23] Y. Zhu, J. Xie, F. Huang, and L. Cao, "Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China," *Sci. Total Environ.*, vol. 727, p. 138704, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138704.