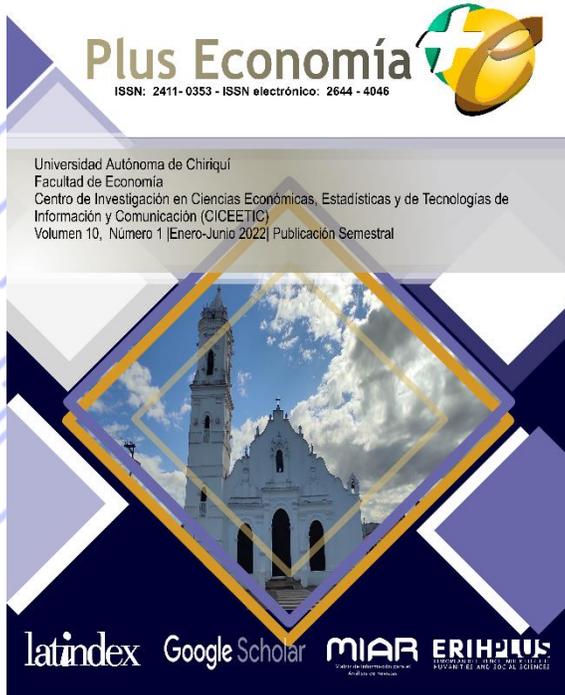




- › Revista Plus Economía
- › ISSN: 2411-0353
- › ISSN electrónico: 2644-4046
- › pluseconomia@unachi.ac.pa
- › Centro de Investigación en Ciencias Económicas, Estadísticas y de Tecnologías de Información y Comunicación, CICEETIC
- › Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI)
- › República de Panamá



Vicente Navarro y Javier Sánchez Galán

CORRELACIÓN DE LA INCIDENCIA DE CASOS DE COVID-19 CON VARIABLES CLIMÁTICAS EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

Vol. 10, Núm. 1, Enero – Junio 2022

pp. 43-54

**Universidad Tecnológica de Panamá,
Panamá**



CORRELACIÓN DE LA INCIDENCIA DE CASOS DE COVID-19 CON VARIABLES CLIMÁTICAS EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

Vicente Navarro

[0000-0003-4901-2806]
vicente.navarro@utp.ac.pa

Facultad de Ciencias y Tecnología,
Universidad Tecnológica de Panamá

Javier E. Sanchez-Galán

[0000-0001-8806-7901]
javier.sanchezgalan@utp.ac.pa

Facultad de Ingeniería en Sistemas,
Universidad Tecnológica de Panamá

Recibido: Noviembre de 2021

Aceptado: Diciembre de 2021

Resumen

Este trabajo busca correlacionar de manera cuantitativa la incidencia de COVID-19 con las variables climáticas en la República de Panamá, para este fin se utilizó la incidencia de COVID-19 desde el inicio de la pandemia el día 9 de marzo de 2020, las variables climáticas en las mismas fecha, luego se crearon series de tiempo que después serían correlacionadas para conocer de manera cuantitativa las relaciones lineales y no-lineales de estos conjuntos de datos, para estos fines se utilizaron los coeficiente de correlación de Pearson y Spearman respectivamente, Además de esto se realizó la correlación con los retrasos o lag de las variables climáticas para determinar las correlaciones y efectos de una variable climática en la incidencia de casos futuros y cuantos días después se ve este efecto reflejado. Los datos de incidencia de COVID19 fueron tomados del Ministerio de Salud de Panamá y comparados con variables climáticas de la estación meteorológica perteneciente a la Florida State University y el observatorio en Punta Culebra del Instituto Smithsonian de Enfermedades Tropicales, las variables correlacionadas fueron temperatura, humedad relativa, radiación solar y radiación UV. Los datos fueron agrupados de dos maneras, por día y por semana, al agruparlos por semana se logra observar una correlación con la radiación solar que no se aprecia si se agrupan los datos por día. Los datos indican que existe una correlación de las variables climáticas con la incidencia de casos de COVID-19. Adicional se analizó el evento de la pandemia en los promedios de las variables climáticas.

Palabras clave: *Incidencia de COVID-19, Variables Climáticas, Series de Tiempo.*



Abstract

This work seeks to quantitatively correlate the incidence of COVID-19 with the climatic variables in the Republic of Panama, for this purpose the incidence of COVID-19 was used since the beginning of the pandemic on March 9, 2020, the climatic variables on the same date, then time series were created that would later be correlated to know quantitatively the linear and non-linear relationships of these data sets, for these purposes were used the correlation coefficient of Pearson and Spearman respectively, In addition to this was performed the correlation with the delays or lag of the climatic variables to determine the correlations and effects of a climate variable on the incidence of future cases and how many days later this effect is reflected. The COVID19 incidence data were taken from the Ministry of Health of Panama and compared with climatic variables of the weather station belonging to Florida State University and the observatory in Punta Culebra of the Smithsonian Institute of Tropical Diseases, the correlated variables were temperature, relative humidity, solar radiation and UV radiation. The data were grouped in two ways, by day and by week, by grouping them by week it is possible to observe a correlation with solar radiation that is not appreciated if the data are grouped by day. The data indicate that there is a correlation of climate variables with the incidence of COVID-19 cases. Additionally, the event of the pandemic was analyzed in the averages of the climatic variables.

Keywords: *Incidence of COVID-19, Climate Variables, Time Series.*



1. Introducción

El COVID-19 o la enfermedad causada por SARS-COV-2 es un virus que apareció por primera vez en Wuhan en diciembre de 2019 [1]. Fue reconocido por presentarse una neumonía extraña en los pacientes que contraían el virus, seguidamente del primer caso reportado se comenzaron a dar una serie de reportes de casos similares [2]. El virus se fue propagando rápidamente por los medios de transporte. Se reporta en América el 8 de Enero del 2020 cuando Estados Unidos reporta su primer caso [3]. En la República de Panamá se reporta el primer caso de COVID-19 el 9 de Marzo de 2020 [4]. Seguidamente de esta noticia el gobierno rápidamente declara estado de emergencia nacional el 13 de marzo, levantando una cuarentena indefinida con el fin de reducir los contactos con personas infectadas con el virus. Las primeras medidas de reducción de casos fueron cuarentenas los fines de semana, en las horas de la noche, horarios de salida de la población por números de cédulas y género. Estas medidas serán analizadas.

Desde el inicio de la pandemia oficialmente el 13 de marzo cuando se declara Estado de Emergencia Nacional se implementaron medidas rigurosas para frenar la propagación del virus, se establecieron medidas sanitarias, se establecieron toques de queda, se aplicó un periodo de ley seca, horarios de atención reducidos en oficinas públicas, desde el 22 de Marzo se suspenden la entrada de los vuelos comerciales, desde el día 23 de Marzo se implementó un toque de queda de 5:00pm a 5:00am, desde el día 25 de Marzo la cuarentena se volvió obligatoria para todas las personas en el territorio nacional, seguidamente se declararon cuarentenas los fines de semana por periodos superiores a las 24 horas, el 1 de Abril se estableció un horario de salida limitado utilizando una segmentación por número de cédula y género, seguidamente las medidas continuaron hasta el mes de Junio cuando se comienzan a realizar aperturas a las empresas privadas de diversos sectores, desde el 17 de Agosto se permitió la actividad de diversas organizaciones y pequeñas empresas, desde el 24 de Agosto se



permitió circular de manera libre en diversas provincias del país, el 14 de Septiembre se levanta la restricción de movilidad por género y se acorta el toque de queda de 11:00pm a 5:00am, en el mes de Octubre se incentiva la reactivación económica y se levanta la restricción de vuelos comerciales, desde el 18 de Diciembre hasta el 4 de Enero se establece cuarentena total, la cuarentena se extiende hasta el 14 de Enero, después de esa fecha las actividades comunes han ido recuperando apogeo sin descuidar las medidas sanitarias.

Panamá con estas medidas de bioseguridad y la implementación de las mismas de manera rigurosa registró una tasa de mortalidad de 2.9% [5].

1.1 Literatura de correlación de Casos con Variables Climáticas en el Mundo

Las variables meteorológicas como temperatura ambiental, humedad relativa, radiación solar y lluvia son factores críticos que afectan la transmisión de enfermedades infecciosas, como lo son el SARS y la

influenza, debido a que son enfermedades que utilizan el aire como medio de propagación[6]–[8].

En Singapur los análisis de correlación determinaron una correlación negativa entre los casos nuevos de COVID-19 y la Presión Superficial del aire, una correlación positiva tenue entre la Humedad Relativa y los casos nuevos, además una correlación positiva existente entre el vapor de agua y los casos nuevos [9].

Un estudio que analizó la Incidencia de Casos en 20 países menciona que a altas temperaturas se registra una menor cantidad de casos [10]. Los análisis en Turquía muestran una correlación negativa entre los casos nuevos de COVID-19 y la temperatura ambiental, lo que se traduce como a mayor temperatura menor cantidad de casos nuevos [11]. Los resultados del análisis en New York refleja una correlación negativa fuerte entre la calidad de aire y la cantidad de casos nuevos [12]. Se ha determinado que el SARS-COV-2 alcanza una transmisión máxima por el aire con una temperatura ambiental de 8,07 °C [13] y tiene una correlación



negativa con la temperatura ambiental [14].

El objetivo de este trabajo es comprender como se relacionan las variables climáticas, con la Incidencia de Casos de COVID-19 en la República de Panamá.

2. Materiales y Métodos

2.1 Obtención de Datos para el Estudio

La Incidencia de casos de COVID-19 fue recolectada de las comunicaciones diarias realizadas por el Ministerio de Salud (MINSAL), a intervalos de un día, de manera constante desde el 9 de marzo 2020 hasta el 4 de junio 2021.

Las variables climáticas se obtuvieron de la estación meteorológica perteneciente al Florida State University (FSU) ubicada en Ciudad del Saber, Clayton (9° 0' 18.81" N, 79° 35' 21.76" W) [15], de esta estación se tomó la información de Temperatura Ambiental (at)(°F), Humedad Relativa (rh)(adimensional), Radiación Solar (sr)(W/m²) y Radiación UV (uv)(Índice UV); y de la estación meteorológica perteneciente

al Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) ubicada en el Centro Natural Punta Culebra (8° 54'38.77" N, 79° 31' 44.09" W)[16], de esta estación se tomó la información de Temperatura Ambiental ("at") (°C), Humedad Relativa ("rh")(adimensional), para registrar la variable de at y rh se utilizó el sensor Campbell Scientific CS215 Temp/Hum, Radiación Solar ("sr")(W/m²)(LiCor LI200X Pyranometers) y Lluvia ("ra")(mm/hr)(CS700 Tipping Bucket Rain Gage).

El análisis fue hecho bajo las suposiciones de que la Temperatura Ambiental, Humedad Relativa, Lluvia Radiación Solar y Radiación UV, media a lo largo del territorio panameño no varía de manera significativa.

2.2 Metodología de Análisis

Para encontrar una correlación lo primero es la limpieza y normalización de los datos. Para los datos de COVID-19 se tomó la incidencia de casos diaria y el total acumulado semanal. Por su parte para las variables climáticas se tomó el promedio de los valores diarios y



semanales de Temperatura Ambiental, Humedad Relativa, Radiación Solar y Radiación UV, con estos datos se creó una serie de tiempo [17]:

$$YY = \{ YY1, YY2, \dots, YYtt : tt \in TT \}$$

Donde Y es el conjunto de datos respectivos de cada variable, Y1 es la primera medida de la variable Y, y así sucesivamente hasta Yt. Después de creadas las series de tiempo de cada variable se procedió a calcular los coeficientes de correlación de Pearson para analizar la relación lineal en las series de tiempo [18]. El cálculo matemático toma la covarianza de dos conjuntos de datos divididas entre el producto de sus respectivas desviaciones estándares:

$$\rho_{X,Y} = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Y se realizó el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman para analizar la relación monótonica entre las series de tiempo[19]. El cálculo matemático inicia con dos conjuntos de datos (X, Y), que se transforman en sus respectivos rangos al ser, seguidamente el coeficiente de correlación de Spearman es cálculo como un coeficiente de Pearson:

$$r_{s(X,Y)} = \rho(r_{g_X}, r_{g_Y}) = \frac{cov(r_{g_X}, r_{g_Y})}{\sigma_{r_{g_X}} \sigma_{r_{g_Y}}} \quad (3)$$

Seguidamente los datos fueron agrupados por día y por semana, para asegurar un resultado valido. La significancia estadística se estableció en 95%, es decir con una $P \leq 0,05$.

Todos los análisis estadísticos, así como el manejo y normalización de las series de tiempo se hicieron en el lenguaje R y los paquetes stats, xts, ggally y plotly.

3. Resultados y discusión

En la Figura 1 y 2, se muestran las gráficas de Incidencia de COVID-19, La Temperatura, Lluvia y de Incidencia de COVID-19, Radiación Solar y Radiación UV respectivamente, de la estación meteorológica del FSU.

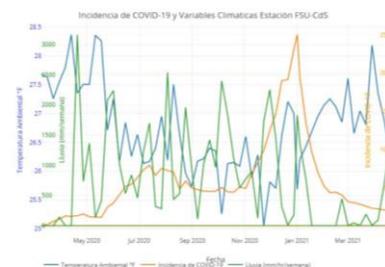


Figura 1. Grafica de la Incidencia de COVID-19, La Temperatura y Lluvia, Estación FSU-CdS.

Podemos observar que a una baja temperatura ambiental la Incidencia de COVID-19 tiende a ser menor, de manera similar aquellos



meses donde se tiene lluvia registran una mayor cantidad de casos.

húmedos registran mayor cantidad de casos.

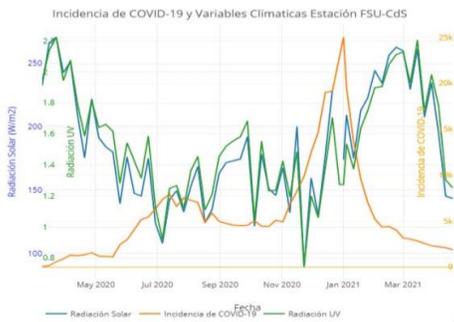


Figura 2. Gráfica de la Incidencia de COVID-19, La Temperatura y Humedad Relativa, Estación FSU-CdS.

Se puede observar una relación entre la Incidencia de COVID-19 con la Radiación Solar y Radiación UV.

En la Figura 3 y 4, se muestran las gráficas de Incidencia de COVID-19, La Temperatura, Humedad Relativa y de Incidencia de COVID-19, Lluvia y Radiación Solar respectivamente, de la estación meteorológica del STRI.

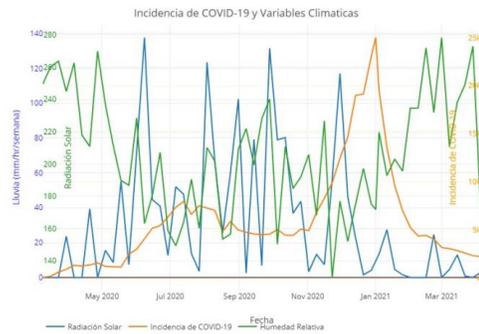


Figura 4. Gráfica de la Incidencia de COVID-19, La Lluvia y Radiación Solar, Estación STRI-PC.

Podemos observar que cuando se tiene una mayor radiación solar la Incidencia de casos disminuye y que aquellos meses con menos lluvia registran menor cantidad de casos de COVID-19.

3.1. Análisis de Correlaciones

En la Figura 5, se ve la gráfica de las correlaciones de la Incidencia de casos de COVID-19 semanal “casos_nuevos” con la Temperatura Ambiental promedio de esa semana “at” y a Lluvia “ra” de la estación meteorológica FSU-CdS.

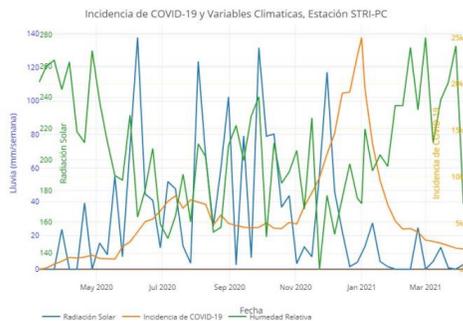


Figura 3. Gráfica de la Incidencia de COVID-19, La Temperatura y Humedad Relativa, Estación STRI-PC.

Podemos apreciar una correlación de la humedad relativa, los meses más

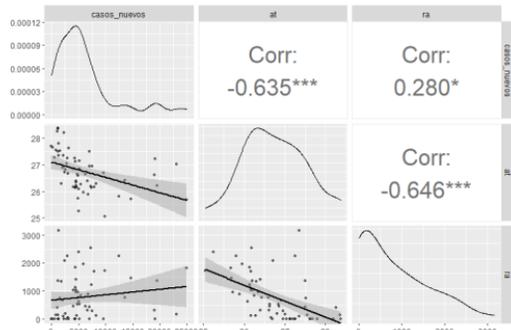


Figura 5. Correlación por Spearman de la Incidencia de COVID con la Temperatura Ambiental y la Lluvia. Intervalo semanal. Estación FSU-CdS.

Se puede ver en el primer cuadrante la autocorrelación de la incidencia de casos donde la autocorrelación más alta sucede con el valor de 21 días antes o al lag 21 en periodo diario o al lag 3 en periodo semanal, a la derecha esta la correlación por Spearman de los casos nuevos semanales con la temperatura y más a la derecha esta la correlación por Spearman con la Lluvia

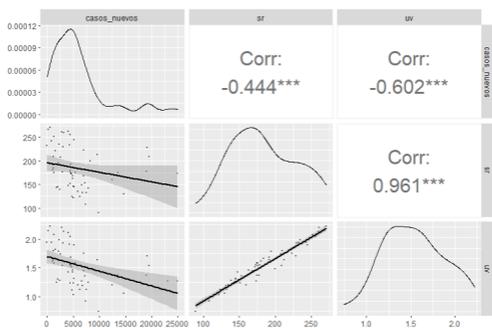


Figura 6. Correlación por Spearman de la Incidencia de COVID con la Radiación Solar y Radiación UV. Intervalo semanal. Estación FSU-CdS.

Se puede observar en la figura 6 una alta correlación negativa entre la incidencia de COVID-19 y la Radiación Solar, y una correlación aun mas alta entre COVID-19 y la Radiación UV.

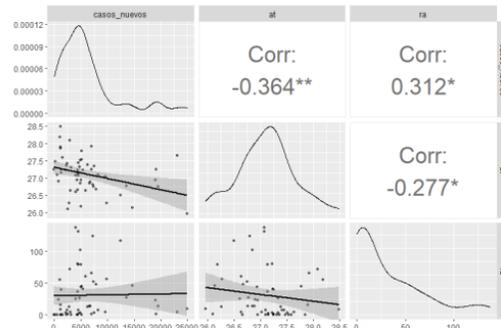


Figura 7. Correlación por Spearman de la Incidencia de COVID con la Temperatura Ambiental y la Humedad Relativa. Intervalo semanal. Estación STRI-PC.

En la figura 7 se aprecia que existe una correlación negativa entre la Temperatura Ambiental y la Incidencia de COVID-19, además de la existencia de una correlación entre la Lluvia y la Incidencia de COVID-19.

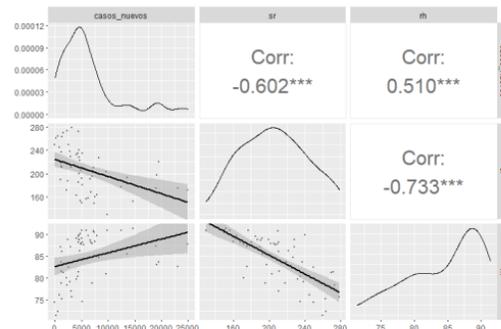


Figura 8. Correlación por Spearman de la Incidencia de COVID con la Radiación Solar y la Humedad Relativa. Intervalo semanal. Estación STRI-PC.

Se puede observar una correlación negativa entre la Radiación Solar y la Incidencia de COVID-19, y



una correlación entre la humedad relativa y la Incidencia de COVID-19.

Los resultados nos dicen que existen una correlación negativa entre la Incidencia de COVID-19 con la Temperatura Ambiental y Radiación Solar. Además de una correlación de la Incidencia de COVID-19 con la Humedad Relativa, Lluvia.

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$.

En la tabla 1 se resume los resultados de la correlación por Spearman ρ , Pearson r , para ambas estaciones meteorológicas, en intervalos diarios y semanales.

Tabla 1. Resumen de correlaciones.

Localización	FSU-CdS				STRI-PC			
	Diario		Semanal		Diario		Semanal	
	ρ	r	ρ	r	ρ	r	ρ	r
Temperatura Ambiental	-0.431***	-0.312***	-0.635***	-0.428***	-0.247***	-0.228***	-0.364**	-0.347***
Lluvia	0.177***	0.047	0.280*	0.137	0.147**	-0.019	0.312*	0.02
Radiación Solar	-0.222***	-0.088	-0.444***	-0.231	-0.324***	-0.194***	-0.602***	-0.446***
Radiación UV	-0.353***	-0.224***	-0.602***	-0.414**	N/A	N/A	N/A	N/A
Humedad Relativa	N/A	N/A	N/A	N/A	0.279***	0.134***	0.510***	0.320*

Comentarios: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$.

En definitiva, la correlación monotónica es más fuerte que la relación de crecimiento lineal, esto se traduce de la siguiente manera, durante un rango de valores el crecimiento es mayor. La Temperatura Ambiental sin duda influye de manera negativa a la Incidencia de Casos de COVID-19 reduciendo la misma según

los datos de la República de Panamá, La Lluvia tiende a aumentar levemente la Incidencia de Casos de COVID-19, la Humedad Relativa tiende a aumentar la Incidencia, mientras que la Radiación Solar o UV tiende a disminuir la Incidencia.

4. Conclusiones

Luego de analizados los datos de la Incidencia de COVID-19 y su correlación con las variables climáticas podemos concluir en que el impacto de las mismas es importante en la Incidencia de COVID-19, también la técnica al calcular las correlaciones influye en los resultados que se obtienen de las mismas, el impacto de la Temperatura Ambiental, Radiación Solar y Radiación UV en los valores más altos esta correlacionada a una Incidencia de casos menor, mientras que la Humedad Relativa alta esta correlacionada a una mayor Incidencia de casos de COVID-19.

Limitaciones del estudio

El estudio está limitado por las técnicas de cálculo utilizadas en el



mismo, los datos disponibles y las variables analizadas.

Trabajos futuros

En trabajos futuros se podría utilizar más estaciones meteorológicas, otras técnicas de cálculo, variables de calidad de aire y otras variables que guarden relación con el COVID-19, calcular el efecto de las medidas de reducción de contactos en la fuerza de infección, determinación de umbral donde más influye las variables climáticas de manera no-lineal.

Agradecimientos

V.N. cuenta con el apoyo de una beca del Programa de Fortalecimiento de los Postgrados Nacionales de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá. Las actividades de investigación de J.E.S.-G. son apoyadas por el Sistema Nacional de Investigaciones (SNI) de la SENACYT. Se agradece también a la Universidad Tecnológica de Panamá por su apoyo administrativo.

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflictos de interés en este documento.

Contribución y aprobación de los autores

Conceptualización, V.N. y J.E.S.-G .;

Metodología, V.N. y J.E.S.-G .;

Software, V.N. y J.E.S.-G .;

Validación, V.N. y J.E.S.-G .;

Recursos, V.N. y J.E.S.-G .;

Redacción - Preparación del borrador original, V.N. y J.E.S.-G .;

Redacción - Revisión y Edición, V.N. y J.E.S.-G .;

Visualización, V.N .;

Supervisión de estudiantes, J.E.S.-G.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Referencias

- [1] J. H. Zeng *et al.*, "First case of COVID-19 complicated with fulminant myocarditis: a case report and insights," *Infection*, vol. 48, no. 5, pp. 773–777, Oct.



- 2020, doi: 10.1007/s15010-020-01424-5.
- [2] Q. Li *et al.*, “Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus–Infected Pneumonia,” *N. Engl. J. Med.*, vol. 382, no. 13, pp. 1199–1207, Mar. 2020, doi: 10.1056/nejmoa2001316.
- [3] “First Travel-related Case of 2019 Novel Coronavirus Detected in United States | CDC Online Newsroom | CDC.” <https://www.cdc.gov/media/releases/2020/p0121-novel-coronavirus-travel-case.html> (accessed May 01, 2021).
- [4] D. Franco *et al.*, “Early transmission dynamics, spread, and genomic characterization of SARS-CoV-2 in Panama,” *Emerg. Infect. Dis.*, vol. 27, no. 2, pp. 612–615, Feb. 2021, doi: 10.3201/eid2702.203767.
- [5] J. R. Loaiza, R. Kosagisharaf, G. A. Eskildse, E. Ortega-Barria, M. J. Miller, and R. A. Gitte, “COVID-19 pandemic in Panama: Lessons of the unique risks and research opportunities for Latin America,” *Rev. Panam. Salud Publica/Pan Am. J. Public Heal.*, vol. 44, p. e86, Jun. 2020, doi: 10.26633/RPSP.2020.86.
- [6] J. W. Tang, L. C. Marr, Y. Li, and S. J. Dancer, “Covid-19 has redefined airborne transmission,” *The BMJ*, vol. 373. BMJ Publishing Group, Apr. 14, 2021, doi: 10.1136/bmj.n913.
- [7] T. Greenhalgh, J. L. Jimenez, K. A. Prather, Z. Tufekci, D. Fisman, and R. Schooley, “Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2,” *The Lancet*, vol. 397, no. 10285. Elsevier B.V., pp. 1603–1605, May 01, 2021, doi: 10.1016/S0140-6736(21)00869-2.
- [8] B. J. Cowling *et al.*, “Aerosol transmission is an important mode of influenza A virus spread,” *Nat. Commun.*, vol. 4, p. 1935, Jun. 2013, doi: 10.1038/ncomms2922.
- [9] S. K. Pani, N. H. Lin, and S. RavindraBabu, “Association of COVID-19 pandemic with meteorological parameters over Singapore,” *Sci. Total Environ.*, vol. 740, p. 140112, Oct. 2020,



- doi:
10.1016/j.scitotenv.2020.140112.
- [10] S. A. Sarkodie and P. A. Owusu, "Impact of meteorological factors on COVID-19 pandemic: Evidence from top 20 countries with confirmed cases," *Environ. Res.*, vol. 191, p. 110101, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.envres.2020.110101.
- [11] 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.
- [12] M. F. Bashir *et al.*, "Correlation between climate indicators and COVID-19 pandemic in New York, USA," *Sci. Total Environ.*, vol. 728, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138835.
- [13] B. Chen *et al.*, "Roles of meteorological conditions in COVID-19 transmission on a worldwide scale," doi: 10.1101/2020.03.16.20037168.
- [14] J. Yuan *et al.*, "Non-linear correlation between daily new cases of COVID-19 and meteorological factors in 127 countries," 2020, doi: 10.1016/j.envres.2020.110521.
- [15] F. Panamá, "Data mining." <https://panama.weatherstem.com/data> (accessed May 11, 2021).
- [16] Smithsonian Tropical Research Institute, "The Punta Culebra Nature Center (PCNC)." https://biogeodb.stri.si.edu/physical_monitoring/research/culebra (accessed Jun. 02, 2021).
- [17] D. J. Bartholomew, G. E. P. Box, and G. M. Jenkins, "Time Series Analysis Forecasting and Control.," *Oper. Res. Q.*, vol. 22, no. 2, p. 199, Jun. 1971, doi: 10.2307/3008255.
- [18] K. Pearson, "Note on Regression and Inheritance in the Case of Two Parents," *RSPS*, vol. 58, pp. 240–242, 1894, Accessed: Apr. 21, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.com/books?id=60aL0zIT-90C&pg=PA240>.
- [19] C. Spearman, "The Proof and Measurement of Association between Two Things," *Am. J. Psychol.*, vol. 15, no. 1, p. 72, Jan. 1904, doi: 10.2307/1412159.