
ARCHIVOS DE ECONOMÍA

Un Análisis Espacial Del Contagio Del Covid-19: El Comienzo

Ricardo ROCHA GARCÍA



Documento 518
Dirección de Estudios Económicos
17 de septiembre de 2020

La serie ARCHIVOS DE ECONOMÍA es un medio de divulgación de la Dirección de Estudios Económicos, no es un órgano oficial del Departamento Nacional de Planeación. Sus documentos son de carácter provisional, de responsabilidad exclusiva de sus autores y sus contenidos no comprometen a la institución.

Consultar otros **Archivos de economía** en:

<https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones/estudios-economicos/Paginas/archivos-de-economia.aspx>

<http://www.dotec-colombia.org/index.php/series/118-departamento-nacional-de-planeacion/archivos-de-economia>

Un Análisis Espacial Del Contagio Del Covid-19: El Comienzo

Ricardo ROCHA GARCÍA¹
ricardorochagarcia@yahoo.es

Resumen

Una exploración empírica de la propagación en Colombia del nuevo coronavirus a escala municipal entre marzo y junio de 2020 la existencia de dependencia espacial y la aparición de clústeres/valores atípicos mediante correlaciones espaciales globales y locales. La relación del contagio espacial con las condiciones de salubridad, socioeconómicas, movilidad, laborales y climáticas se estimó usando un modelo de econometría espacial de corte transversal. La simulación de réplicas o efectos marginales de largo plazo sugiere que durante la cuarentena la mayor parte de la propagación correspondió a la interacción municipal.

Palabras claves: COVID-19, cuarentena, clústeres, econometría espacial, Colombia

Clasificación JEL: C31, I18, J21

A SPATIAL ANALYSIS OF TRANSMISSION OF COVID-19: THE KICK OFF

Summary

An empirical exploration of the spatial transmission in Colombia of the new coronavirus at municipal level during the March-June 2020 quarantine shows the existence of spatial dependence and clusters / outliers identified by global and local spatial correlations. The relationship of spatial contagion with health, socioeconomic, mobility, labor and climatic conditions was estimated using a cross-sectional spatial econometric model. The simulation of long-term marginal effects suggests that during lockdown most of the spread corresponded to municipal interaction.

Key words: COVID-19, lockdown, clusters, spatial econometrics, Colombia

¹ Investigación independiente. Se agradecen los valiosos comentarios recibidos de Alexander Rocha, Stéfano Farné y Víctor Manuel Nieto a versiones preliminares. Los errores, opiniones y omisiones son responsabilidad exclusiva del autor y no comprometen a las personas e instituciones aquí mencionadas. Comentarios: ricardorochagarcia@yahoo.es

Contenido

1. Antecedentes	3
2. Hechos estilizados	8
3. Un modelo espacial	15
4. Conclusiones	21
Bibliografía	23
Anexo de resultados del modelo espacial	26

Introducción

Desde el 24 marzo de 2020 en Colombia se estableció un confinamiento obligatorio para la mayoría de la población para reducir el contagio del COVID-19 y comprar tiempo para adecuar la respuesta del sistema de salud. Las estadísticas de infectados han estado por debajo de las proyecciones iniciales y a partir de junio se tiene previsto un desescalamiento por sectores de actividad económica y a escala municipal. Aunque la mayor parte de la atención se ha centrado en el comportamiento de la curva de contagio, muy poco se sabe sobre su dinámica espacial, tanto su naturaleza como determinantes.

Por consiguiente, se presentan los principales resultados obtenidos de esta investigación independiente realizada durante marzo-junio de 2020, motivada por entender la perspectiva espacial de la pandemia y sus explicaciones, así como los alcances de la cuarentena, cuyo contenido se encuentra organizado en cuatro secciones. Una primera que reseña la literatura consultada sobre las dinámicas espaciales del contagio del COVID-19 y las políticas relacionadas en Colombia. Luego se describe la información consultada, considerando su correlación y heterogeneidad geográfica, identificando patrones de aglomeración.

En la tercera sección, se estima la relación entre la propagación de la enfermedad y sus determinantes utilizando un modelo espacial de datos de corte transversal, conmensurando las explicaciones por las distancias, primero desagregando los efectos de vecindad y los atribuibles a la heterogeneidad municipal, y luego separando efectos directos e indirectos, simulando réplicas espaciales. Finalmente, una sección de conclusiones.

1. Antecedentes

El contagio del nuevo coronavirus y sus funestas consecuencias para la salud pública y la economía plantean preguntas sobre las condiciones que ofrece la geografía para su dinámica espacial. Sin embargo, el conocimiento sobre los determinantes del contagio espacial es incipiente y en su mayoría derivado de la investigación médica epidemiológica, pero la evidencia que comienza a aflorar

indicaría un relacionamiento multidimensional con la interacción social y laboral, así como con las condiciones climáticas y socioeconómicas, entre otros aspectos.

La cuarentena

El COVID-19 hizo necesario implementar desde fin de marzo un confinamiento en Colombia, junto con la restricción de la movilidad intermunicipal, la suspensión de los servicios educativos y del transporte aéreo, permitiendo 34 excepciones, incluidas las actividades económicas relacionadas con la producción y comercio de alimentos, la minería, la producción farmacéutica, los servicios de salud, los servicios públicos, la intermediación financiera y los servicios de seguridad (Decreto 457 de marzo 22).

A partir de mayo se elevaron a 41 excepciones, permitiéndose la apertura del comercio mayorista, de la industria manufacturera y la construcción, así como de los municipios sin contagio, condicionados a la observancia de medidas de protección y monitoreo (Decreto 593 de abril 24). Desde junio las excepciones se ampliarán a 43, agregando el comercio, parqueaderos, las peluquerías, lavanderías, bibliotecas y el trabajo doméstico (Decreto 749 de mayo 29). Hasta final del junio se contemplaba extender el confinamiento para la población con comorbilidades, los ancianos y los niños, más adelante se permitieron franjas horarias para el desconfinamiento de estos dos últimos grupos etarios, así como de la práctica deportiva (Decreto 847 de junio 14). Para agosto se prevé la reapertura del [sector educativo](#) y en septiembre de [los vuelos internacionales](#).

Al respecto, dos estimaciones del impacto de la cuarentena sobre la ocupación señalan magnitudes relativamente cercanas, utilizando información del DANE y la clasificación de ocupaciones. Por una parte, a partir de marzo y de acuerdo con las medidas decretadas se habría confinado a un 60% de la población ocupada y en mayo se habría reducido a un 40% (Fernández, 2020: cuadro 2). Por otra parte, el confinamiento inicial habría sido del 55% y luego se habría reducido al 28% de la población ocupada (Lamprea, et al., 2020: tabla 1).

La viralidad

La transmisión del COVID-19 se da a partir de la inhalación de microgotas (Zhang *et al*, 2020) y el contacto de las mucosas con las manos por tocar superficies contaminadas, donde el virus tiene una supervivencia variable.

El virus parece a medida que aumenta la temperatura; el período de incubación en promedio es de 11,5 días tras la exposición; la transmisión comienza 1-2 días antes del inicio de los síntomas; no hay diferencia en la carga viral de los asintomáticos; ha sido predominante la transmisión intrafamiliar hasta un 82% en China, 10,5% en los Estados Unidos y un 7,6% en Corea; la recuperación podría ser entre 2-6 semanas dependiendo de la gravedad (Ministerio de Sanidad de España, 2020).

No se sabe cuánto tiempo dura el contagio después de la recuperación (OMS, 2000). En Hong Kong la evaluación de los datos clínicos de una cohorte de 4.243 pacientes con COVID-19 reveló que el 70% lo reportaron en sus heces incluso después de que las pruebas respiratorias se volvieron negativas (Cheung *et al*, 2020).

La transmisión al personal sanitario sin adecuadas medidas de protección llegó al 30% en Wuhan y al 20% en Italia y España, pero descendieron rápidamente una vez que estas se adoptaron, hasta niveles similares de quienes no tenían contacto con la infección.

Según pruebas serológicas la generación de inmunidad sería creciente durante el curso de la infección y mayor en la segunda semana tras el inicio de los síntomas (Ministerio de Sanidad de España, 2020). Los resultados de la inmunización adquirida, aunque son esperanzadores para la fabricación de una vacuna, aún estarían muy por debajo del umbral del 60% que se esperaría para una inmunización de rebaño (Popovich y Sanger-Katz, 2020).

Además, se sabe que los coronavirus ocasionan la infección respiratoria aguda, IRA, cuyos factores de riesgo están en la infancia y la ancianidad, el hacinamiento, la malnutrición, el VIH, la falta de lactancia materna y vacunas, las enfermedades

crónicas, la exposición al tabaquismo y la contaminación del aire (Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales, 2017).

La proximidad

De acuerdo con un modelo matemático epidemiológico de susceptibilidad-infección-recuperación —SIR— aplicado a un contagio municipal, la dinámica espacial de una pandemia correspondería a la interacción de tres clases de poblaciones: los susceptibles o vulnerables al contagio (S), los infectados (I) y los recuperados o ya inmunes al contagio (R) (Bermudez, 2013).

Allí se experimentan transiciones desde la susceptibilidad o vulnerabilidad hacia la infección $S \rightarrow I$ con una tasa de contagio, debido a la interacción social; desde la infección hacia la recuperación, $I \rightarrow R$ con una tasa de recuperación. En adelante se considera que la población de los 1.122 municipios de Colombia como susceptible al contagio del COVID-19 y se analizará la fase de contagio, $S \rightarrow I$, desde una perspectiva espacial.

Durante el período comprendido entre 1984-2010 el contagio espacial por gastroenteritis, varicela y la gripa disminuyó a escala regional en Francia ante las vacaciones escolares, la desaceleración económica, las huelgas ferroviarias y la temperatura, pero ocurrió lo contrario con la densidad poblacional, la ampliación de los trenes de alta velocidad y la proximidad a París, tomando como referencia el modelo SIR, utilizando datos semanales y econometría de panel de datos (Adda, 2015).

La movilidad

El contagio espacial del COVID-19 en China habría sido demorado y desescalado por el establecimiento de diferentes cuarentenas en 342 ciudades, analizando una base de datos georreferenciada del contagio y la movilidad utilizando econometría espacial, durante lo corrido del año hasta febrero 19 (Kraemer *et al* 2020).

En Wuhan el coeficiente de contagio habría disminuido desde 3,1 hasta 0,9, mediante medidas que comprendieron la suspensión del transporte público,

clases, reuniones públicas y sitios de entretenimiento. Allí no se encontró evidencia de efectividad para la restricción a la movilidad intermunicipal (Huaiyu *et al*, 2020). Posteriormente la cuarentena se levantó el 8 de abril, pero la [BBC](#) reportó rebrotes a comienzos de mayo.

Aunque en los Estados Unidos el contagio del COVID-19 comenzó en la costa pacífica, para marzo ya se había transmitido a todo el país, principalmente por la transmisión doméstica y sin hallar correspondencia con las restricciones a los vuelos provenientes de Europa, tal como se desprendería de una investigación que comparó los riesgos asociados a los flujos aéreos de pasajeros y el estudio epidemiológico del genoma del contagio en Connecticut (Fauver *et al*, 2020).

Factores socioeconómicos

Un estudio del contagio en Colorado durante el período comprendido entre marzo 14 y abril 8 de 2020 mostraba correlaciones con condiciones estructurales de la población como su densidad, la prevalencia del asma, la pobreza y el desempleo (Ramírez y Lee, 2020).

La proximidad laboral al interior de las ocupaciones en los Estados Unidos, como aproximación al riesgo de contagio del COVID-19 explicó el repunte del desempleo en un modelo de panel de datos estimado con datos de enero y marzo (Belánd *et al*, 2020).

Un análisis espacial del contagio a escala de condado realizado en los Estados Unidos durante el período comprendido entre abril y mayo, mostró la importancia explicativas de las minorías étnicas, la juventud, el ingreso, el aseguramiento de la salud y las comorbilidades (Baum y Henry, 2020).

En los asentamientos informales la elevada densidad poblacional y la precariedad del urbanismo limitan tanto la factibilidad del distanciamiento social, como las medidas sanitarias por la inadecuada dotación de los servicios públicos. Un estudio realizado en dos barrios de Cape Town a escala de vivienda con información georreferenciada reveló proximidades entre las viviendas menores a dos metros (Gibson y Rush, 2020).

El clima

En la transmisión del COVID-19 se han identificado como condiciones favorables la menor temperatura y humedad, así como con la mayor velocidad del viento y el tamaño de la población, tal como se desprende del análisis realizado para 121 ciudades en Chile entre febrero 23 y abril 16 utilizando modelos lineales (Correa *et al.*, 2020).

Además, la aclimatación fisiológica a la altitud haría menos susceptible el contagio al COVID-19 según un análisis de regiones por encima de los 2.500 metros de altura en Bolivia, Ecuador y el Tíbet, junto el análisis de 120 ciudades a nivel mundial con datos de contagio a 31 de marzo (Arias *et al.*, 2020).

También la contaminación del aire contribuiría a la difusión del virus a través de la menor luminosidad y velocidad del viento, tal como lo sugiere el análisis de 55 ciudades de Italia en lo corrido del año hasta abril 7 y que podrían llegar a superar la transmisión interpersonal, aproximada a partir de la densidad poblacional (Coccia, 2020).

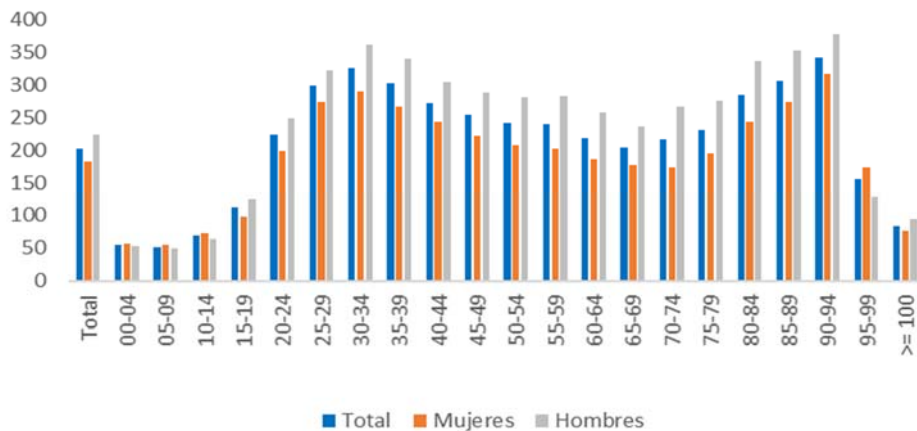
De acuerdo con lo anterior, el contagio espacial del COVID-19 estaría relacionado con las condiciones locales de salubridad, socioeconómicas, laborales, de movilidad y climáticas, algunas de las cuales en principio podrían ser determinantes de la propagación a pesar de la cuarentena, tales como la presencia del estado, las comorbilidades, la cobertura de servicios públicos, la informalidad laboral y otros factores, las cuales a continuación se exploran desde la perspectiva cuantitativa, aprovechando la disponibilidad de la información, así como el uso de la estadística y la econometría.

2. Hechos estilizados

El Instituto Nacional de Salud (INS) en su portal publica diariamente datos de la población infectada a escala municipal, los cuales fueron analizados según fecha de notificación desde el 2 de marzo hasta el 1 de julio.

De acuerdo con la anterior información el contagio del COVID-19 ha sido más prevalente entre la población en edad de trabajar y los hombres. El contagio acumulado se concentra entre la población entre 20 y 59 años, en un 74% y con 272 contagiados por 100 mil habitantes; los menores de 20 representan el 11% del contagio y con una tasa de contagio de 72 por 100 mil habitantes; los contagiados entre 60 y 69 son el 8% y su tasa por 100 mil habitantes es de 213; mientras que los mayores de 69 participan con el 7% y la tasa de contagio es de 244 por 100 mil habitantes (Gráfica 1).

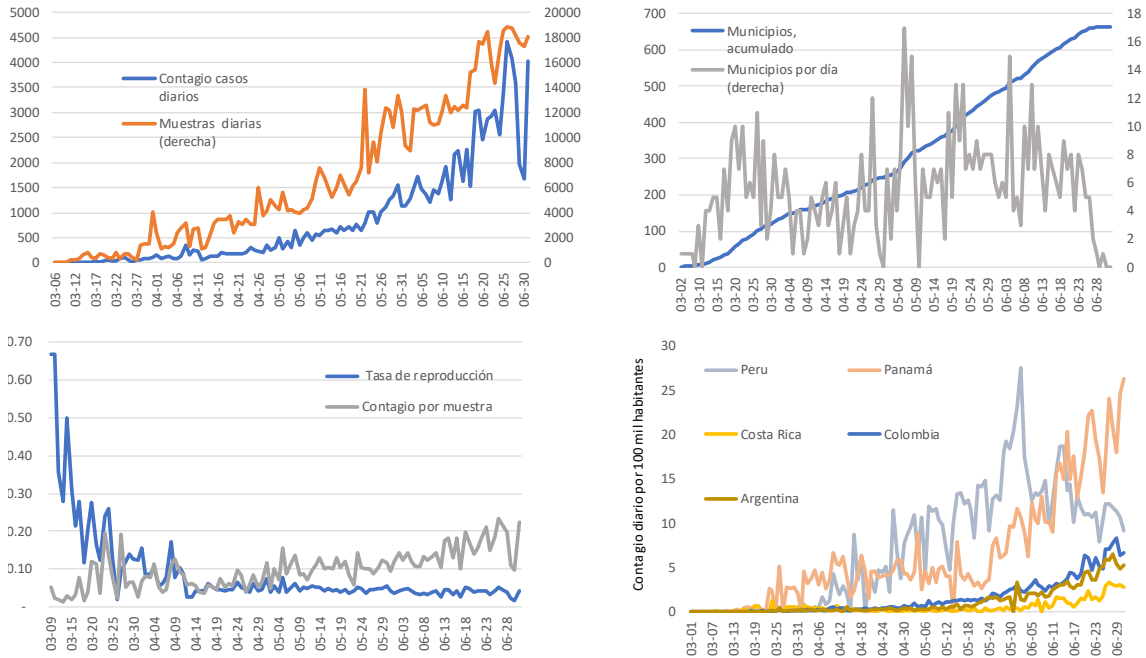
Gráfica 1. Edades y género del contagio del COVID-19 durante marzo-junio de 2020 (por 100 mil habitantes)



Fuente: INS y proyecciones de población del DANE. Elaboración del autor.

Durante el período analizado los contagios sumaron 102.129 casos, luego de reportar 905, 6.464 y 31.833 a finales de marzo, abril y mayo, respectivamente. En términos de municipios el virus se detectó en 666 municipios de los 1.122 que tiene el país, creciendo sostenidamente para acumulados de 88, 214 y 431 en marzo, abril y mayo, con un promedio diario de 5 municipios contagiados (Gráfica 2). Comparativamente con otros países de la región que implementaron cuarentenas, la tasa de contagios diarios por 100 mil habitantes ha estado por encima de la Argentina y Costa Rica, y por debajo de las de Panamá y el Perú.

Gráfica 2. Contagio individual, municipal y regional entre marzo-junio de 2020



Fuente: INS, proyecciones de población del DANE, OMS y WBI. Elaboración del autor.

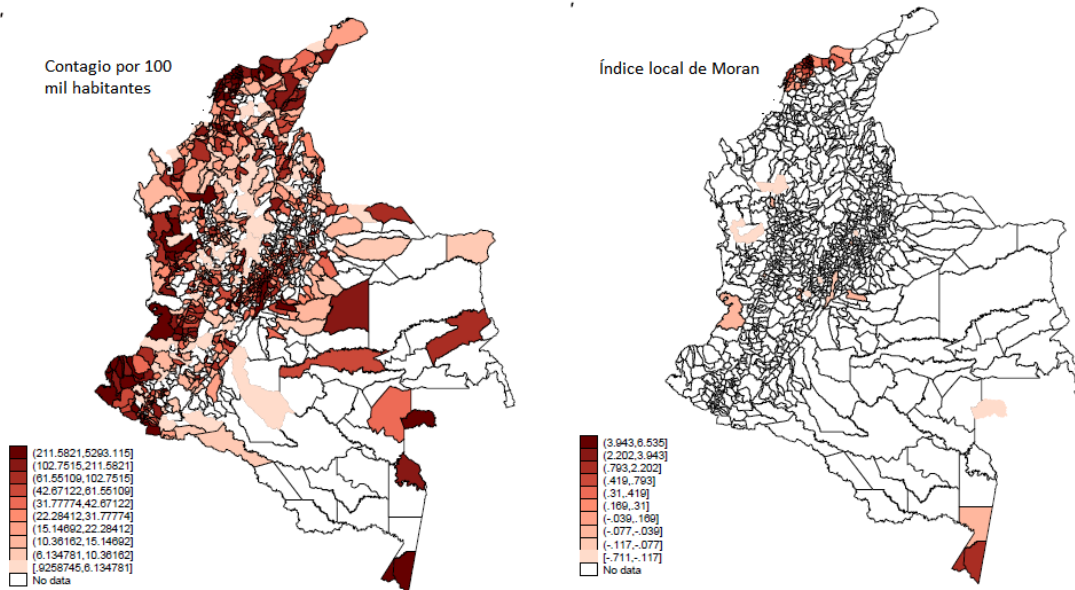
El índice diario de reproducción del contagio, medido como los contagios nuevos dividido por los contagiados en tratamiento, aunque tuvo un promedio de 25% en marzo, luego osciló en torno a un promedio del 5%. Esta detección correspondió a 779 mil muestras tomadas para un promedio de 8 muestras por contagiado identificado.

Ante las limitaciones en la disponibilidad de muestras, así como de la capacidad de procesamiento, estas principalmente han sido aplicadas para quienes muestran la sintomatología del COVID-19 y presumiblemente habría una subestimación del contagio asintomático, el cual corresponde al 11% del contagio reportado por el INS.

Hasta el final del período analizado el 74% del contagio se concentró en 10 municipios de los 666 donde se ha reportado. En su orden Bogotá, Barranquilla, Cartagena, Cali, Soledad, Leticia, Medellín, San Andrés, Buenaventura y Quibdó.

La intensidad del contagio medida según la prevalencia por 100 mil habitantes, de 200 a nivel nacional, ha sido mayor en municipios pertenecientes a los departamentos del Amazonas, Atlántico, Bolívar, Chocó y Valle (Mapa 1).

Mapa 1. Prevalencia y correlaciones espaciales del contagio del COVID-19 acumulado a julio 1 de 2020



Fuente: INS, proyecciones de población del DANE. Elaboración del autor usando spmap. Índices locales de Moran con un p valor menor del 1% y utilizando spatwmat.

Amazonas, Leticia y Puerto Nariño registraban entre 5.239 y 1.389 contagios por 100 mil habitantes; mientras que en el departamento de Atlántico los índices oscilaban entre 1.775 y 102 con mayores afectaciones en los municipios de Puerto Colombia, Galapa, Sabanagrande, Malambo, Barranquilla y Soledad; en el departamento de Bolívar, los municipios de Cartagena, Turbaco, Santa Rosa y Villanueva ofrecen indicadores entre 826 y 316 contagios por 100 mil habitantes; en el Chocó, se destacan los municipios de Quibdó, Unión Panamericana, Río Quito y Carmen de Atrato con valores entre 1.231 y 238; y en el Valle, la mayor intensidad se reportó en los municipios de Buenaventura, Cali, Argelia y Candelaria, con contagios por 100 mil habitantes que oscilaron entre 366 y 152.

Dentro de los municipios con mayor intensidad también se encuentran Ituango, Espinal y Tumaco, con tasas de prevalencia de 2.773, 745 y 735, por 100 mil habitantes y ocupando los puestos 2, 17 y 18, respectivamente.

La mayoría de los municipios mencionados corresponden a aglomeraciones donde el número de contagiados se encuentra correlacionado espacialmente con los contagiados de los municipios vecinos y significativamente desde el punto de vista estadístico, con valores probabilísticos menores al 5%.

De acuerdo con el índice local de Moran, I_i , se midió la aglomeración del contagio por 100 mil habitantes, c , en torno a un municipio, i , como la diferencia entre c_i y el contagio municipal promedio \bar{c} , dividido por S_i^2 , el promedio del cuadrado de dicha diferencia en el resto de municipios, y multiplicado por el promedio de $(c_j - \bar{c})$ ponderado por w_{ij} , la distancia intermunicipal, también exceptuando al municipio i (Anselin 1995, p 98). Índices positivos (negativos) indican un patrón de aglomeración en torno a un municipio, con valores similares (diferentes) respecto a su entorno, configurando un clúster (valor atípico).

$$I_i = \frac{(c_i - \bar{c})}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} (c_j - \bar{c}) ; S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n (c_i - \bar{c})^2}{(n-1)} \quad (1)$$

Una agregación de lo anterior corresponde a la correlación espacial de la prevalencia del contagio en el país como un todo, o la no distribución aleatoria, donde la correlación espacial no sería relevante, y se calcula mediante un índice global de Moran, I (Anselin 1992, p 12), el cual corresponde a multiplicar el inverso de la distancia intermunicipal promedio $\frac{n}{S_o}$, por una razón cuyo numerador corresponde a la sumatoria de las diferencias de contagio intermunicipales $(c_i - \bar{c})(c_j - \bar{c})$ ponderadas por las distancias recíprocas, $w_{i,j}$; mientras que su denominador será la sumatoria del cuadrado de $(c_i - \bar{c})$. El numerador está normalizado por la varianza de modo que los valores resultantes oscilan entre -1,0 y +1,0. Valores positivos (negativos) indican un patrón prevaeciente de aglomeración (dispersión) de municipios, con respeto a una distribución aleatoria.

$$I = \frac{n}{S_o} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (c_i - \bar{c})(c_j - \bar{c})}{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2} , \quad S_o = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} \quad (2)$$

Para la prevalencia del contagio del COVID-19, se obtuvo un índice global de Moran positivo y significativo, sugiriendo una distribución espacial no aleatoria, es decir, existencia de correlación espacial y la necesidad de considerarla dentro del análisis econométrico (Tabla 1).

Otro tanto aconteció con el cálculo del índice global de Moran para una selección de variables que aproximan algunas de las explicaciones conocidas del contagio, tal como las condiciones de salubridad, a través de la comorbilidad de la infección respiratoria aguda (IRA); las condiciones socioeconómicas, por intermedio de la pobreza según el índice de necesidad básicas insatisfechas (NBI) y en particular la provisión inadecuada de servicios públicos, las viviendas inadecuadas y el hacinamiento, así como la densidad poblacional, la miseria y la cobertura del régimen subsidiado de salud; las condiciones laborales propicias al contagio, como la proximidad laboral y el riesgo a infecciones; las condiciones de movilidad a través de la densidad de vías y la existencia de aeropuertos internacionales (no significativa con p-valor = 0.4); y las condiciones climáticas de temperatura, la velocidad del viento, la nubosidad, la humedad y altitud.

Tabla 1. Medias y correlaciones espaciales para variables seleccionadas

Variables	Media segun categorias de contagio			Índice global de Moran	
	Sin	Disperso	Clúster/atípico	Valor	p-valor
Infección respiratoria aguda, casos	76.0	223.5	346.7	0.04	0
NBI	30.0	32.8	41.3	0.15	0
NBI por servicios públicos inadecuados, % pob	8.4	11.1	22.5	0.09	0
NBI por hacinamiento	13.6	13.0	12.9	0.03	0
NBI por vivienda inadecuada	10.6	10.7	9.8	0.10	0
Miseria	11.0	11.8	16.6	0.11	0
Cobertura del régimen subsidiado	0.8	0.8	0.8	0.07	0
Densidad poblacional hab/km2	39.1	203.2	635.6	0.04	0
Proximidad laboral puntaje	57.7	57.8	57.3	0.05	0
Exposición a infecciones puntaje	18.3	17.6	17.8	0.04	0
Densidad de vías kms/ área km2	63.2	83.3	97.1	0.07	0
Aeropuerto internacional, dummy	0.0	0.0	0.1	0.00	0.4
Temperatura C°	19.1	20.4	25.9	0.29	0
Humedad %	87.7	86.3	76.5	0.28	0
Nubosidad %	77.2	75.6	53.7	0.24	0
Velocidad del viento met/seg	1.0	1.1	1.5	0.16	0
Altitud mts	1294.0	1121.5	309.5	0.14	0
Prevalencia del COVID-19, casos/100 mil hab	0.0	51.8	680.3	0.06	0
Municipios	456	613	53		

Fuente: Aerocivil, Minsalud, DNP, IDEAM, ONET, DATLAS, DANE, IGAC. Elaboración del autor.

Cabe agregar que los indicadores de proximidad en el trabajo y de riesgo laboral a las infecciones se construyeron a escala municipal consultando en [Occupational Information Network O*NET](#) del U.S. Department of Labor/Employment and Training Administration, según su clasificación de ocupaciones. Ambos corresponden a los formularios que llenan los usuarios, con un puntaje estandarizado entre 0 y 100, según cinco categorías. Para la [proximidad laboral](#), considerando desde ninguna hasta muy cercana. En [el riesgo laboral](#) a infecciones, de acuerdo con una categorización que va desde una vez al año hasta diariamente. Ambos indicadores se asignaron a la ocupación de la PILA según CIU revisión 3 y luego se extrapolaron a escala municipal, desagregando a escala de literal de la CIU.

Además, la heterogeneidad de las condiciones municipales asociadas al contagio se hizo evidente cuando se contrastaron los promedios de municipios según tres categorías: *sin contagio*, *contagio disperso* y *clúster de contagio/ valores atípicos* (Tabla 1).

Por una parte, las diferencias entre los promedios de las variables en los municipios categorizados en *contagio disperso* con respecto a aquellos *sin contagio*, casi triplican los casos de antecedentes por IRA; en materia socioeconómica, muestran mayores necesidades básicas insatisfechas y en particular por servicios públicos inadecuados y cinco veces su densidad poblacional; en el plano laboral, mayor proximidad y menor riesgo a las infecciones; en las condiciones de movilidad, superior densidad vial; y en las condiciones climáticas, mayores temperaturas y velocidad del viento, lo contrario en humedad y nubosidad.

Por otra parte, los municipios que pertenecen a un *clúster de contagio* presentan las diferencias mucho más marcadas respecto a los municipios con *contagio disperso*. En las condiciones de salubridad la prevalencia de la IRA se incrementa en 55%; en las condiciones socioeconómicas el indicador de NBI por servicios públicos inadecuados se duplica, la densidad poblacional se triplica y el índice de miseria se eleva en un 40%; no hay apreciables diferencias en los indicadores de

proximidad en el trabajo y riesgo laboral a las infecciones; es mayor la disponibilidad de aeropuertos internacionales y la densidad vial; y en las condiciones climáticas la temperatura y la velocidad del viento son mayores, mientras ocurre lo contrario con la elevación, nubosidad y la humedad.

A partir de lo anterior, el análisis de la dinámica espacial del contagio del COVID-19 se realizó considerando la existencia de correlaciones espaciales, es decir, la ausencia de aleatoriedad en la distribución geográfica, por consiguiente, siendo pertinente recurrir a la econometría espacial para avanzar en la exploración empírica.

3. Un modelo espacial

La existencia de dependencia espacial para el contagio y sus variables explicativas implicaría para un modelo de regresión convencional una eventual pérdida de información debido a la mayor varianza, menor significancia estadística y bondad de ajuste de las estimaciones (Anselin 1992, p 1). En otras palabras, los errores resultantes del modelo podrían estar asociados entre sí, sin una varianza constante, haciendo estimaciones ineficientes, siendo pertinente incorporar la vecindad relativa mediante matrices de ponderación espacial.

Por consiguiente, la estimación de los determinantes de la dinámica espacial del COVID-19 para el periodo comprendido entre marzo 2 y julio 1 de 2020 se abordó mediante un modelo espacial de corte transversal para los 1.122 municipios del país. Donde primero, se estimaron los efectos de contagio y las correspondientes a las variables explicativas. Luego se simularon réplicas espaciales hacia a nuevo equilibrio, calculando efectos marginales directos e indirectos ocasionados por las variables explicativas.

Se procedió a seleccionar la especificación del modelo espacial partiendo del caso general (Elhorst 2012 y 2017) con:

$$C = \rho WC + \alpha X\iota_N + X\beta + WX\theta + u, \quad u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (3)$$

Donde C es el índice de prevalencia del COVID-19 en el municipio i , el cual se explicaría en primer término por ι_N , un vector de unos asociado con la constante α ; en segundo lugar, el coeficiente autorregresivo espacial, una interacción de naturaleza endógena entre la presencia del virus en el municipio y la del resto, con C multiplicada por una matriz de ponderaciones espaciales, W , construida por las distancias recíprocas y multiplicado por un coeficiente de rezago espacial o de contagio ρ ; en tercer término por un coeficiente β asociado la interacción exógena entre el reporte del virus y las condiciones municipales idiosincráticas; y en cuarto lugar, lo anterior multiplicado la matriz de distancias W y por un coeficiente de rezago o vecindad espacial θ , el cual captaría la interacción municipal resultante de la heterogeneidad municipal de las X_k variables explicativas; finalmente, el error de la estimación u espacialmente correlacionado con la matriz W a través del coeficiente de rezago espacial λ ; el vector ε_t ibid con media cero y varianza finita σ^2 .

El contagio espacial del COVID-19 podría estar relacionado con condiciones propicias de salubridad a través de mayores comorbilidades, aproximadas los casos de IRA; en las condiciones socioeconómicas, según el NBI por servicios públicos inadecuados y la densidad poblacional; la proximidad en el puesto de trabajo y riesgo laboral de contagio a las infecciones; de las condiciones de movilidad a través de la infraestructura de transporte, considerando los aeropuertos internacionales como vectores de entrada y la densidad vial municipal; y de las condiciones climáticas favorables que se atribuyen a la temperatura, la humedad, la nubosidad y la altitud (Tabla 2).

Tabla 2. Signos esperados y fuentes de las variables explicativas

(Signo esperado) indicador	Fuente	Condiciones
(+) Infección respiratoria aguda casos 2019	Minsalud	Salubridad
(+) NBI por servicios públicos inadecuados, % pob 2011	DANE	Socioeconómicas
(+) Densidad poblacional hab/km ² 2019	DANE, IGAC	
(+) Exposición a infecciones puntaje 2017	O*NET, PILA, autor	Riesgos laborales
(+) Proximidad laboral puntaje 2017		
(+) Densidad de vías kms/ área km ² 2019	Mintransporte	Movilidad
(+) Aeropuerto internacional, dummy 2020	Aerocivil	

(-) Temperatura C° abril 2020	IDEAM	Ambientales
(-) Humedad % abril 2020		
(+) Nubosidad % abril 2020		
(+) Velocidad del viento mts/seg abril 2020		
(-) Altitud mts	IGAC	

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo la estrategia de partir del modelo espacial de Durbin, SDM (LeSage y Pace, 2009: p 155), en la ecuación 3 se asume inexistencia de correlación espacial en los errores, es decir $\lambda = 0$.

Este SDM arrojó coeficientes significativos de desbordamiento espacial o *spillovers*, tanto debido al contagio espacial, como por el efecto de la IRA. El primero con ρ igual a 0,95 y su valor estaría dentro del rango de los inversos de los valores característicos, mínimo y máximo de la matriz W de -15 y 7,1, mostrando estacionariedad (Elhorts 2014, p 11). Mientras que, para la IRA, un θ igual al 2,65.

También el modelo arrojó coeficientes β estadísticamente significativos, respecto a la IRA (0,29), el NBI por servicios públicos inadecuados (1,27), la existencia de aeropuerto internacional (3,10), la proximidad laboral en la hotelería y los restaurantes (0,7), la temperatura (-7,1) y la humedad (-5,6).

Por consiguiente, se verificó la inexistencia de autocorrelación espacial en los errores del modelo y en la variable dependiente mediante pruebas de los multiplicadores de lagrange, ML, con $\chi^2(1)$ iguales a 372,4 (ML Burrigge) y a 373,6 (ML Anselin), rechazándose como hipótesis nula con un p-valor menor al 1%. Igualmente ocurrió cuando se aplicaron pruebas robustas de ML, arrojando $\chi^2(1)$ de 11,3 y 12,5, respectivamente. Mientras que la presencia de heterocedasticidad se verificó mediante la prueba de Cook-Weisberg con una $\chi^2(1)$ igual a 0,1 y aceptándose la hipótesis nula de homocedasticidad.

No obstante, la lectura de los coeficientes estimados obviaría a su interior los efectos de las interacciones espaciales resultantes de la endogeneidad espacial de la variable dependiente (Elhorst 2012, p 14), por consiguiente, fue necesario

retomar su especificación original en la ecuación 3 y expresarla en su forma reducida:

$$C = (I - \rho W)^{-1} (X\beta + WX\theta + u) \quad (4)$$

A partir de lo anterior, se procedió a calcular el efecto marginal de las variables explicativas sobre el reporte del COVID-19, como el cambio ocasionado por una unidad adicional, donde el desbordamiento espacial con $\rho > 0$ tendría una connotación global y de largo plazo, pues las condiciones municipales se irradian independientemente de su inmediata vecindad a través de la matriz de multiplicadores espaciales $(I - \rho W)^{-1}$.

$$\begin{aligned} \left[\frac{\partial C}{\partial X_{1k}} \dots \frac{\partial C}{\partial X_{Nk}} \right] &= ((I - \rho W)^{-1} (\beta_k I + \theta_k W)) \quad (5) \\ &= (I - \rho W)^{-1} \begin{pmatrix} \beta_k & w_{12}\theta_k & \dots & w_{1N}\theta_k \\ w_{21}\theta_k & \beta_k & \dots & w_{2N}\theta_k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N2}\theta_k & w_{N2}\theta_k & \dots & \beta_k \end{pmatrix} \end{aligned}$$

De esta manera el efecto marginal de cada variable se desagrega entre el componente directo y el indirecto. El primero sería equivalente a los elementos de la diagonal principal de (5). Mientras que el efecto marginal indirecto o desbordamiento espacial, sería ocasionado por el cambio de una variable explicativa en un municipio sobre el resto de los municipios a través del contagio espacial, calculado como los elementos por fila diferentes a la diagonal principal. A través de estos dos efectos marginales, cambios en el reporte de COVID-19 en un municipio se transmiten al conjunto de los 1.122 municipios, hasta alcanzar un nuevo equilibrio.

De esta manera, la estimación del efecto marginal total de largo plazo de una variable explicativa sería la suma de un efecto directo originado desde su cambio en un municipio, más un efecto indirecto o desbordamiento espacial (*spillover*) resultado de su rebote municipal.

En términos de elasticidades, sería un cambio porcentual en el reporte de COVID-19 ante el cambio en uno por ciento en una variable explicativa, permaneciendo

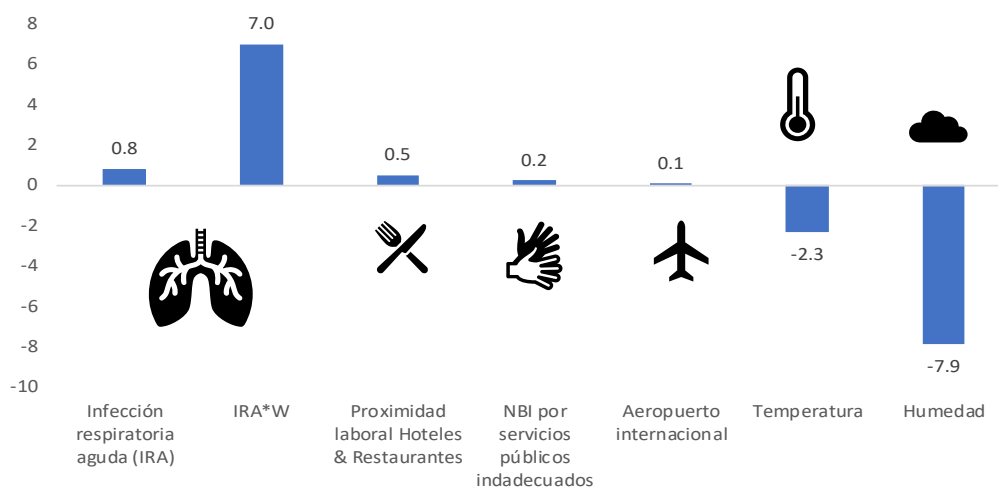
las demás constantes. Sus valores corresponden a un patrón nacional y al período estudiado, siendo sensibles a definiciones regionales y temporales.

Según los resultados del modelo, las principales magnitudes que favorecerían el contagio se derivarían de las condiciones relacionadas con el clima y la salubridad, y de una interacción municipal que permitió que los efectos marginales indirectos explicaran el 68% del total, a pesar de la cuarentena.

Especialmente el contagio se propagó hacia municipios con mayores antecedentes de IRA y NBI por servicios públicos, infraestructura aeroportuaria internacional, con mayor actividad hotelera y de restaurantes, y con climas menos cálidos y húmedos (Gráfica).

En la medida que aumentaban los antecedentes de casos por IRA, en un 1%, el contagio aumentó en 7% y 0,8%, respectivamente con y sin desbordamiento espacial; también creció en 0,5% por la proximidad laboral en la actividad hotelera y de restaurantes; aumentó en 0,2% por la pobreza por NBI asociada a la carencia de servicios públicos, principalmente de acueducto y alcantarillado; aumentó en 0,1% por la movilidad asociada los aeropuertos internacionales; por el contrario, el contagio disminuyó en 2,3% y 7,9% por aumentos en 1% en la temperatura y humedad de los municipios.

Gráfica 3. Efectos marginales sobre los cambios en la prevalencia del COVID-19
(elasticidades $\partial C/C/\partial X/X$)



Fuente: Elaboración propia. Anexo de resultados de los modelos

Además, se exploró la factibilidad de transformar el SDM en otros modelos espaciales. Respecto a un modelo con rezago espacial en las variables independientes, SLX ($H_0: \rho = 0$) una prueba de razón de verosimilitud arrojó una $\chi^2(1)$ igual a 385,1 rechazó la hipótesis nula con un p-valor menor al 1%.

De igual manera, se rechazó el modelo de rezago espacial en la variable independiente, SAR ($H_0: \theta = 0$) con una $\chi^2(1)$ igual a 27. Cuando se estimó el modelo con datos acumulados a fin de marzo y abril, el coeficiente de continuidad espacial ρ perdió significancia estadística y otro tanto les ocurrió a los β relacionados con los aeropuertos internacionales, la proximidad laboral en los hoteles y restaurantes, así como de la pobreza según NBI por inadecuada dotación de servicios públicos (anexo de resultados del modelo espacial).

Mientras que el modelo estimado con la información acumulada a fin de mayo presenta relativa robustez, los valores de los coeficientes también arrojaron el mismo signo esperado y fueron significativos desde el punto de vista estadístico.

4. Conclusiones

La evidencia internacional consultada reveló que el contagio espacial del COVID-19 estaría relacionado con las condiciones de salubridad, socioeconómicas, laborales, de movilidad y climáticas, las cuales se exploraron en Colombia durante el período marzo-mayo de 2020 desde la perspectiva de la econometría espacial.

El contagio ha sido más prevalente entre la población en edad de trabajar y masculina, entre 20 y 59 años. El virus se detectó en 666 municipios, creciendo sostenidamente a un promedio diario de 5 municipios. En comparación con otros países del hemisferio que implementaron cuarentenas, Colombia estuvo por debajo de Panamá y Perú, pero encima de Argentina y Costa Rica. Ante las limitaciones en la disponibilidad de muestras y la capacidad de procesamiento sería presumible la subestimación del contagio asintomático.

La intensidad del contagio ha sido más intensa en municipios pertenecientes a los departamentos de Amazonas, Atlántico, Bolívar, Chocó y Valle, predominando la formación de clústeres, con valores similares entre municipios vecinos.

Para la prevalencia del COVID-19 y sus variables explicativas, se identificaron distribuciones espaciales no aleatorias y por consiguiente fue necesario considerar la dependencia espacial dentro del análisis.

La comparación entre municipios en *contagio disperso* con respecto a los *sin contagio* reveló que triplicaban los antecedentes por IRA, tenían mayores necesidades básicas insatisfechas y por servicios públicos inadecuados, cinco veces su densidad poblacional, mayor proximidad y menor riesgo a las infecciones, superior densidad vial y número de aeropuertos internacionales, mayores temperaturas y velocidad del viento, y lo contrario con la altitud, humedad y nubosidad. Un mayor contraste se apreció frente a los municipios *clúster de contagio* que corresponden a valores atípicos.

De acuerdo con la estimación de un modelo de econometría espacial de corte transversal, el contagio se propagó hacia municipios con mayores de antecedentes de IRA y NBI por servicios públicos, con infraestructura

aeroportuaria internacional, con mayor actividad hotelera y de restaurantes, y con climas menos cálidos y húmedos.

En efecto, ante un aumento del 1% en los antecedentes de casos por IRA el contagio aumentó en 7,8%; también creció en 0,5% por la proximidad laboral en la actividad hotelera y de restaurantes; aumentó en 0,2% por la pobreza por NBI asociada a la carencia de servicios públicos; subió en 0,1% por la movilidad asociada los aeropuertos internacionales. Por el contrario, el contagio disminuyó en 2,3% y 7,9% por aumentos en 1% en la temperatura y humedad de los municipios. Donde la interacción municipal explicaría el 95% del contagio total, a pesar de la cuarentena.

Estos resultados sugieren que, pese al confinamiento, afloraron varios de los determinantes estructurales de la dinámica espacial de la pandemia y en adelante estaría por verse que tan definitivos podrían llegar a ser. Donde las diferencias geográficas son subyacentes a la vulnerabilidad municipal al contagio al COVID-19 y plantean la necesidad de políticas nacionales con especificaciones regionales y locales. Un desafío para las políticas públicas de salud, saneamiento básico, seguridad laboral, movilidad y sectoriales.

Bibliografía

Adda, J. (2015) [Economic Activity and the Spread of Viral Diseases: Evidence from High Frequency Data](#) IZA Discussion Paper No. 9326. September

Anselin, L. (1992) [Spatial Data Analysis with GIS: An Introduction to Application in the Social Sciences](#). National Center for Geographic Information and Analysis University of California.

Arias, Ch. Et al (2020) [Does the pathogenesis of SARS-CoV-2 virus decrease at high-altitude?](#) Respiratory Physiology & Neurobiology 277 (2020) 103443

Baum, Ch. F. and Henry, M. (2020) [Socioeconomic Factors influencing the Spatial Spread](#)

[of COVID-19 in the United States](#). Mayo 29

Béland, . F., Wright, T. and Brodeur, A. (2020) [The Short-Term Economic Consequences of COVID-19: Exposure to Disease, Remote Work and Government Response](#). IZA Institute of Labor Economics. DISCUSSION PAPER SERIES No. 13159 ISSN: 2365-9793 APRIL

Bermudez, V.E. (2013) [A SIR-type Model for Coca Crops in Colombia](#) (proyecto de grado de Maestría). Departamento de Matemáticas Universidad de los Andes.

Coccia, M., Factors Determining the Diffusion of COVID-19 and Suggested Strategy to Prevent Future Accelerated Viral Infectivity Similar to COVID (April 20, 2020). Science of the Total Environment, Article Number: 138474, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138474. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3590117>

Correa, A. et al (2020) [Environmental determinants of COVID-19 transmission across a wide climatic gradient in Chile](#). DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-30393/v1>

Cheung, K.S. et al (2020) [Gastrointestinal Manifestations of SARS-CoV-2 Infection and](#)

[Virus Load in Fecal Samples From a Hong Kong Cohort](#). Systematic Review and Meta-analysis. Gastroenterology. In press.

Elhorts. J.P. (2012) "[Dynamic spatial panels: models, methods, and inferences](#)". *Journal of Geographical Systems*, vol. 14, issue 1, 5-28.

Elhorst J.P. (2017) *Spatial Econometrics The basics*. Recuperado de

https://www.rug.nl/staff/j.p.elhorst/course_spatial_econometrics_2017.pdf

Fauver et al., 2020, [Coast-to-Coast Spread of SARS-CoV-2 during the Early Epidemic in the United States](#) Cell 181, 990–996 May 28, 2020^a 2020 Elsevier Inc.

<https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.04.021>

Fernández, C. (2020) [Impacto de las medidas de aislamiento para combatir el COVID-19 que rigen a partir del 27 de abril de 2019](#)

Foro de las Sociedades Respiratorias Internacionales (2017). [El impacto global de la Enfermedad Respiratoria](#) – Segunda edición. México, Asociación Latinoamericana de Tórax. ISBN: 9781849840873

Fingleton, B. & Le Gallo J. (2008). “[Estimating Spatial Models with Endogenous Variables, a Spatial Lag and Spatially Dependent Disturbances: Finite Sample Properties](#)”. *Papers in Regional Science*, Volume 87 Number 3 August. DOI >. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2008.00187.x>

Gibson, L and Rush, D (2020) [Novel Coronavirus in Cape Town Informal Settlements: Feasibility of Using Informal Dwelling Outlines to Identify High Risk Areas for COVID-19 Transmission From A Social Distancing Perspective](#). JMIR Public Health and Surveillance, Vol 6 April. DOI: 10.2196/18844

Kraemer MUG, Yang CH, Gutierrez B, et al. [The effect of human mobility and control measures on the COVID-19 epidemic in China](#). *Science*. 2020;368(6490):493-497. doi:10.1126/science.abb4218

Lamprea, T. C., Ospina, V., Hernández, G.A y Rivera, A. (2020) [Una medida de los efectos potenciales del Covid-19 en el empleo: el caso de la política de aislamiento preventivo obligatorio en Colombia](#). Archivos de economía, documento 508 de mayo 27.

Ministerio de Sanidad de España (2020) [INFORMACIÓN CIENTÍFICA-TÉCNICA Enfermedad por coronavirus, COVID-19](#). Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias. Actualización, 18 de mayo.

OMS (2000) [Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus \(COVID-19\)](#). Recuperado de https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses?gclid=EAlaIQobChMIIDd-p_p6glVReDlCh05nQhUEAAYASAAEgL33vD_BwE

Popovich, N. y Sanger Katz, M. (2020). [The World Is Still Far From Herd Immunity for Coronavirus](#). The New York Times. Mayo 28. Recuperado de <https://www.nytimes.com/interactive/2020/05/28/upshot/coronavirus-herd-immunity.html>

Ramírez, J. y Lee (2020) COVID-19 [Emergence and Social and Health](#)

[Determinants in Colorado: A Rapid Spatial Analysis](#). International Journal of Environment Research Public Health 2020, 17, 3856; doi:10.3390/ijerph17113856

Tian H, Liu Y, Li Y, et al.(2020) [An investigation of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China](#). Science ;368(6491):638-642. doi:10.1126/science.abb6105

Zhang R, Li Y, Zhang AL, Wang Y, Molina MJ. [Identifying airborne transmission as the dominant route for the spread of COVID-19](#) [published online ahead of print, 2020 Jun 11]. Proc Natl Acad Sci U S A. 2020;202009637. doi:10.1073/pnas.2009637117

Anexo de resultados del modelo espacial

Variables	Modelo Espacial de Durbin SDM ($\lambda = 0$)							
	Marzo 31		Abril 30		Junio 2		Julio 1	
	Coef.	p valor	Coef.	p valor	Coef.	p valor	Coef.	p valor
Infección respiratoria aguda (IRA)	0.06	0.00	0.10	0.00	0.23	0.00	0.29	0.00
IRA*W	0.24	0.00	0.70	0.00	1.63	0.00	2.65	0.00
NBI por servicios públicos inadecuados	-0.19	0.16	-0.05	0.80	0.96	0.04	1.27	0.01
Temperatura	-2.14	0.00	-4.51	0.00	-9.01	0.00	-7.15	0.00
Humedad	-0.56	0.00	-1.49	0.00	-3.82	0.00	-5.63	0.00
Proximidad laboral Hoteles & Restaurantes	0.06	0.28	0.27	0.01	0.85	0.00	0.70	0.02
Aeropuerto internacional	-19.52	0.09	46.70	0.06	265.92	0.00	310.55	0.00
Rho espacial ρ	0.19	0.71	0.12	0.83	0.28	0.02	0.95	0.00
Efectos marginales directos								
Infección respiratoria aguda (IRA)	7.25		3.74		0.67		0.04	
IRA*W	29.70		24.57		4.57		0.35	
NBI por servicios públicos inadecuados	-1.52		-0.11		0.17		0.01	
Temperatura	-33.18		-19.82		-3.13		-0.12	
Humedad			-28.00		-5.69		-0.39	
Proximidad laboral Hoteles & Restaurantes	1.96		2.65		0.65		0.03	
Aeropuerto internacional	-0.19		0.13		0.06		0.00	
Efectos marginales indirectos								
Infección respiratoria aguda (IRA)	1.75		0.50		1.41		0.75	
IRA*W	7.15		3.28		9.58		6.63	
NBI por servicios públicos inadecuados	-0.37		-0.01		0.37		0.21	
Temperatura	-7.99		-2.64		-6.57		-2.23	
Humedad	-9.02		-3.73		-11.93		-7.50	
Proximidad laboral Hoteles & Restaurantes	0.47		0.35		1.36		0.48	
Aeropuerto internacional	-0.05		0.02		0.12		0.06	
Efectos marginales totales								
Infección respiratoria aguda (IRA)	8.99		4.24		2.08		0.79	
IRA*W	36.85		27.85		14.15		6.98	
NBI por servicios públicos inadecuados	-1.89		-0.13		0.54		0.22	
Temperatura	-41.17		-22.47		-9.70		-2.34	
Humedad	-46.47		-31.73		-17.61		-7.90	
Proximidad laboral Hoteles & Restaurantes	2.44		3.00		2.01		0.50	
Aeropuerto internacional	-0.23		0.14		0.18		0.06	

Fuente: Elaboración propia usando spregcs

ARCHIVOS DE ECONOMÍA

No	Título	Autores	Fecha	
Silvia CALDERON				
2019				
492	Forests and Conflict in Colombia	Rafael Isidro PARRA-PEÑA S. Barry REILLY	Julio	2019
493	la dinámica espacial de la coca en Colombia: ¿cómo una hidra?	Ricardo ROCHA GARCÍA	Julio	2019
494	Lineamientos y recomendaciones para el escalamiento de los servicios de extensión tecnológica en Colombia	Juan Pablo GARCÍA María Camila PATIÑO Oscar SALAZAR Edwin RAMIREZ	Julio	2019
495	Cadena Productiva de Azúcar, Confeitería y Chocolatería Estructura, Comercio Internacional y Protección	Víctor Manuel NIETO GALINDO	Julio	2019
496	Determinantes socioeconómicos y nutricionales del sobrepeso y la obesidad en la población adulta del departamento del Guaviare	Carlos Fernando RINCON ROJAS Jineth Alejandra NIETO VANEGAS	Julio	2019
497	Actualización de la estimación de los indicadores "Razón Precio-Cuenta"	Gustavo HERNANDEZ DIAZ Mariana MATAMOROS CARDENAS Andres Felipe SANCHEZ SEGURA	Agosto	2019
498	Estimación del precio – cuenta de la mano de obra	Mariana MATAMOROS-CARDENAS Tania LAMPREA BARRAGAN Gustavo Adolfo HERNANDEZ DIAZ	Agosto	2019
499	El valor social del tiempo en Colombia	Gustavo HERNANDEZ DIAZ	Agosto	2019
500	Determinantes de la productividad agrícola	Norberto ROJAS DELGADILLO	Agosto	2019
501	Educación en Colombia: Un análisis regional	Norberto ROJAS DELGADILLO	Agosto	2019
502	La estructura sectorial de Colombia: Un análisis insumo-producto	Julian Andres VILLAMIL Luis Felipe QUINTERO Gustavo Adolfo HERNANDEZ-DIAZ	Septiembre	2019
503	Generación de empleos y clústeres	Julian Andres VILLAMIL Luis Felipe QUINTERO Gustavo Adolfo HERNANDEZ-DIAZ	Septiembre	2019
504	Estimación de impactos del cambio climático en el sector agricultura y seguridad alimentaria	Sioux F. MELO L. Leidy RIVEROS Germán ROMERO Juan Camilo FARFÁN Andrés ÁLVAREZ-ESPINOSA Carolina DÍAZ	Diciembre	2019
2020				
505	Modelo de Gravedad para los flujos de comercio internacional de Colombia	Andres Felipe SANCHEZ SEGURA Gustavo Adolfo HERNANDEZ-DIAZ	Enero	2020
506	Impacto de las regalías: Un análisis insumo - producto	Gustavo Adolfo HERNANDEZ-DIAZ	Enero	2020
507	Brecha Salarial De Género: Estudio De Caso De Los Contratistas Independientes Del Estado En Colombia	Carlos Alberto BARRETO NIETO Agustín JIMENEZ OSPINA Diego Fernando LEMUS POLANÍA Pablo MONTENEGRO HELFER Diana Paola RAMÍREZ	Mayo	2020
508	Una medida de los efectos potenciales del Covid-19 en el empleo: el caso de la política de aislamiento preventivo obligatorio en Colombia	Tania LAMPREA BARRAGAN Vanessa OSPINA-CARTAGENA Gustavo Adolfo HERNANDEZ DIAZ Ana RIVERA-MORENO	Mayo	2020
509	Compensación del IVA para los hogares más vulnerables: cuantificación y efectos distributivos.	Javier AVILA MAHECHA Tania LAMPREA BARRAGAN Gabriel Armando PIRAQUIVE GALEANO	Mayo	2020
510	Brechas de Género en el trabajo Doméstico y de Cuidado No Remunerado en Colombia	Vanessa OSPINA-CARTAGENA Andrés GARCÍA-SUAZA	Junio	2020
511	Matrices insumo-producto en un análisis regional Aplicación: efectos de política económica frente Covid-19	Erick CESPEDES-RANGEL Gabriel Armando PIRAQUIVE-GALEANO	Junio	2020
512	Diferencias regionales del impacto del confinamiento en Colombia	Gustavo Adolfo HERNANDEZ-DIAZ Luis Felipe QUINTERO	Junio	2020
513	Potencialidades y obstáculos del sector turismo en Colombia	Natalia MORERA-UBAQUE	Agosto	2020

ARCHIVOS DE ECONOMÍA

No	Título	Autores	Fecha
2020			
514	Nueva Medición de Desempeño Fiscal Territorial	Andrés Felipe URREA Jose Lenin GALINDO María Victoria OSORIO David Ricardo JIMENEZ Laura Elena SALAS	Septiembre 2020
516	cuantificación de la Brecha de Financiación en Adaptación al Cambio Climático en Colombia	Juan C. FARFÁN R	Septiembre 2020
517	Medida de la Disponibilidad de Trámites en Colombia (MDT)	Luis Vidal BEJARANO BEJARANO Lorena PÉREZ RINCONES Harold Enrique VELANDIA ZARATE	Septiembre 2020
518	Un Análisis Espacial Del Contagio Del Covid-19: El Comienzo	Ricardo ROCHA GARCÍA	Septiembre 2020