

2021-09-06

## Modelos epidemiológicos y socioeconómicos, toma de decisiones y ruralidad en la pandemia de la covid-19 en Colombia

Efraín Benavides Ortiz  
*Universidad de La Salle, Bogotá, efbenavides@unisalle.edu.co*

Diego Soler-Tovar  
*Universidad de La Salle, Bogotá, diegosoler@unisalle.edu.co*

Carlos Arturo Meza Carvajalino  
*Universidad de La Salle, Bogotá, cmeza@unisalle.edu.co*

Natalia Polanco Palencia  
*Universidad de La Salle, Bogotá, natapolzoo@gmail.com*

Julián Felipe Porras Villamil  
*Universidad de La Salle, Bogotá, juporras@unisalle.edu.co*

*See next page for additional authors*

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ruls>

### Citación recomendada

Benavides Ortiz, E., D.Soler-Tovar, C.A. Meza Carvajalino, N.Polanco Palencia, J.F. Porras Villamil, J.C. Meza Martínez, J.N. Bobadilla Gamez, L.V. Martin, S.Durán, M.L. Penagos Rozo, C.Mera Acosta, G.Polo, M.Rodríguez Álvarez, y L.C. Villamil Jiménez (2021). Modelos epidemiológicos y socioeconómicos, toma de decisiones y ruralidad en la pandemia de la covid-19 en Colombia. Revista de la Universidad de La Salle, (86), 261-278.

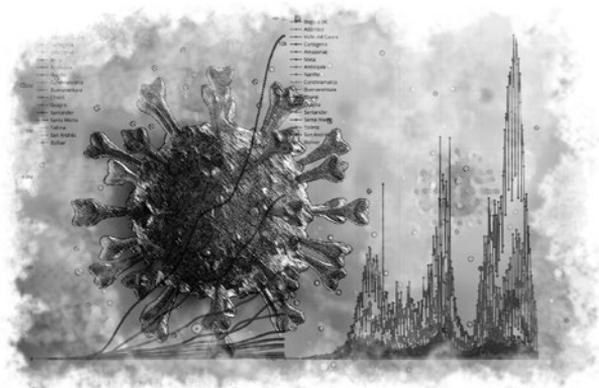
This Artículo de Revista is brought to you for free and open access by the Revistas de divulgación at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Revista de la Universidad de La Salle by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

---

## Modelos epidemiológicos y socioeconómicos, toma de decisiones y ruralidad en la pandemia de la covid-19 en Colombia

### Autor

Efraín Benavides Ortiz, Diego Soler-Tovar, Carlos Arturo Meza Carvajalino, Natalia Polanco Palencia, Julián Felipe Porras Villamil, Juan Carlos Meza Martínez, Juan Nicolas Bobadilla Gamez, Laura Victoria Martin, Sandra Durán, Marco Leonardo Penagos Rozo, Carlos Mera Acosta, Gina Polo, Martha Rodríguez Álvarez, and Luis Carlos Villamil Jiménez



# Modelos epidemiológicos y socioeconómicos,

toma de decisiones

y ruralidad en la pandemia  
de la covid-19 en Colombia

**Efraín Benavides Ortiz<sup>1</sup>**

**Diego Soler-Tovar<sup>1</sup>**

**Carlos Arturo Meza Carvajalino<sup>1</sup>**

**Natalia Polanco Palencia<sup>1</sup>**

**Julián Felipe Porras Villamil<sup>1</sup>**

**Juan Carlos Meza Martínez<sup>1</sup>**

**Juan Nicolas Bobadilla Gamez<sup>1</sup>**

**Laura Victoria Martin<sup>2</sup>**

**Sandra Durán<sup>2</sup>**

**Marco Leonardo Penagos Rozo<sup>1</sup>**

**Carlos Mera Acosta<sup>1</sup>**

**Gina Polo<sup>1</sup>**

**Martha Rodríguez Álvarez<sup>2</sup>**

**Luis Carlos Villamil Jiménez<sup>1</sup>**

1 Grupo Epidemiología y Salud Pública de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Autor de correspondencia: [efbenavides@unisalle.edu.co](mailto:efbenavides@unisalle.edu.co)

2 Grupo de Cuidado Primario Visual y Ocular de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia

*No puede haber salud humana si no hay salud animal y ambas son inviables si el ambiente no es saludable, si está deteriorado, si no es sustentable.*

Sociedad Interamericana  
de Salud Pública Veterinaria (2009)

### ■ Resumen

Con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, avanza un proyecto interdisciplinar que está contribuyendo al entendimiento de la dinámica de la covid-19 en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Caquetá, específicamente en el territorio en el que habitan pequeños y medianos productores de leche, y de productores agropecuarios de los departamentos de Sucre y Santander. El análisis de la información territorial se estudia mediante modelos epidemiológicos (disponibles en la web de la Universidad de La Salle) y econométricos, pruebas serológicas para la determinación de la inmunidad en la población rural, y la valoración de propuestas de medidas de mitigación a partir de las políticas públicas o acciones de la sociedad civil. La integración de estos escenarios representa una notable contribución para las regiones menos favorecidas del territorio nacional.

**Palabras clave:** covid-19; Colombia; epidemiología sector rural; impacto económico.

### Introducción

Los avances logrados a mediados del siglo XX en producción de antimicrobianos y vacunas creó un escenario triunfalista momentáneo, que autores como Greger (2007) llamaron la “era de la complacencia”, la cual se considera una transición epidemiológica. Por su lado, William Stewart, responsable del sector salud en los Estados Unidos, afirmó que había llegado el momento de cerrar el capítulo de las enfermedades infecciosas y declarar como ganada la guerra contra ellas. Pero, los agentes se transformaban, presentaban variantes en las enfermedades conocidas y aparecían otras desconocidas para las que no se

disponía de metodologías diagnósticas, preventivas ni mucho menos terapéuticas (Esparza, 2016).

A principios de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) identificó el nuevo coronavirus (2019-nCoV), denominado coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) por el Comité Internacional de Taxonomía de Virus, el cual fue detectado por primera vez el 31 de diciembre 2019, en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei, en China (WHO, 2020). El 11 de marzo de 2020, la OMS declaró la epidemia ocasionada por el coronavirus de Wuhan (enfermedad por coronavirus 2019, covid-19) como una pandemia. Aunque parezca un asunto novedoso, durante los últimos años las emergencias sanitarias relacionadas con zoonosis (enfermedades compartidas entre humanos y animales) emergentes, han incrementado su frecuencia. De acuerdo con Flores (2010), el 60 % de las enfermedades transmisibles corresponden a las zoonosis, de las cuales el 72 % provienen de la fauna silvestre. De hecho, los coronavirus se comenzaron a estudiar en la década de los sesenta del siglo XX, por su impacto en poblaciones avícolas, descubriéndose los primeros coronavirus capaces de afectar humanos en 1966 y 1967.

Adicionalmente, aunque todos los coronavirus pueden producir cuadros clínicos de variable severidad (desde asintomáticos a formas severas), la importancia de su actividad en humanos se hizo evidente a comienzos del siglo XXI, por el surgimiento de epidemias cíclicas aproximadamente cada diez años. Entre estos virus generadores de epidemias se pueden citar los causantes del síndrome respiratorio agudo (SARS-CoV en 2002-2003), originado por el comercio de fauna silvestre (murciélagos y civetas) y el síndrome respiratorio del medio oriente (MERS-CoV en 2012), en el que los dromedarios fueron identificados como reservorios. A pesar de múltiples esfuerzos por diversos grupos de investigación, hasta el momento no existen vacunas disponibles para ninguno de estos coronavirus, pero las lecciones aprendidas podrían ser aplicadas y hacer más efectivo el desarrollo de diferentes métodos de prevención e intervención (Padron-Regalado, 2020).

## La introducción del virus al país

Con la llegada a Colombia del primer individuo infectado a mediados de febrero de 2020 (notificado el 3 de marzo y diagnosticado el 6 de marzo), se inició un proceso de propagación de la covid-19, que incrementó por la afluencia constante de viajeros internacionales contagiados y por la movilidad interna propia del país, afectando grandes ciudades y, posteriormente, propagándose a municipios más alejados. Hasta el día del cierre del aeropuerto (23 de marzo), se registraron 314 casos en el país, siendo 205 importados (65,2 %), 105 relacionados con estos casos importados (33,4%), y 4 de transmisión local (1,3%). Los casos importados eran procedentes principalmente de España (50,2 %; n= 103), Estados Unidos de América (22,4 %; n= 46), Ecuador (5,8 %, n= 12), Turquía (3,9 %; n= 8) e Italia (3,9 %; n= 8).

Dada la emergencia sanitaria, las instituciones y servicios de salud pública han venido trabajando en la prevención y el control de la pandemia, principalmente mediante la identificación de los individuos infectados y el rastreo de contactos cercanos. De esta forma, hasta el 30 de octubre de 2020, habían sido realizadas 4.887.294 pruebas diagnósticas en Colombia, con las que se identificó a 1.041.935 de individuos positivos (porcentaje de positividad = 21,3), estando activos 66.912 casos (48.052 en observación en el hogar, 2267 hospitalizados, 357 en cuidado intermedio, 2283 en unidades de cuidado intensivo y 13.953 en estado desconocido), 941.874 recuperados y 30.753 fallecidos.

A pesar de los esfuerzos nacionales y del trabajo de diversos grupos de investigación, la información disponible sobre la dinámica de la epidemia no permite realizar predicciones precisas y confiables aplicables a las poblaciones rurales, lo cual es notorio con el creciente número de casos confirmados y la acelerada propagación de la covid-19 en estas comunidades. Adicionalmente, son pocos los estudios que permiten medir el impacto económico y social de las medidas que aporten a la mitigación de la epidemia a escala regional. Este problema representa un reto inminente y fundamental para el sostenimiento de las regiones, el auxilio que se les puede brindar a las poblaciones vulnerables que dependen de la producción agropecuaria y la seguridad alimentaria del país.

## El proyecto de La Salle

De esta forma, diferentes grupos de investigación auspiciados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias), en la línea “Sistemas de monitoreo de datos en tiempo real en relación con la enfermedad producida por SARS-CoV-2 y otros agentes causales de insuficiencia respiratoria aguda (IRA), que habiliten la posibilidad de modelar escenarios epidemiológicos” de la convocatoria MinCienciatón, se han fortalecido para contribuir al entendimiento de la dinámica de la covid-19 mediante la construcción de modelos epidemiológicos con capacidad predictiva, el diseño de pruebas serológicas rápidas y la realización de estudios sobre las consecuencias económicas y sociales de la epidemia. Con el apoyo de MinCiencias, los grupos de investigación en Epidemiología y Salud Pública y en Cuidado Primario Visual y Ocular de la Universidad de La Salle han formado un equipo interdisciplinar que busca contribuir al entendimiento de la dinámica de la covid-19 en comunidades rurales de Colombia.

El proyecto se enfoca en la interfaz urbano-rural, que tiene como base el desarrollo de cinco estudios de caso en poblaciones rurales productoras de alimentos: comunidades de pequeños y medianos productores de leche, en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Caquetá; y productores agropecuarios de los departamentos de Sucre y Santander. Asimismo, se cuenta con información detallada e interactiva de la covid-19 en los estudios de caso, y en todo el territorio colombiano puede obtenerse en este tablero de control<sup>3</sup> diseñado como parte del proyecto, el cual está disponible para consulta del público en la página web de la universidad.

El proyecto fue ejecutado entre el segundo semestre de 2020 y el primer semestre de 2021, y se comprometió con una constante actualización en la entrega de información y la generación de resultados mediante cuatro diferentes enfoques (objetivos específicos), dirigidos a comunidades rurales productoras de alimentos ubicadas en diversos territorios de la ruralidad colombiana (figura 1) que se abordarán en la modalidad de estudios de caso:

---

3 La tabla puede ser consultada en <https://bit.ly/3ehrEEq>.

- Modelos epidemiológicos describiendo la dinámica de covid-19.
- Modelos econométricos estructurales y espaciales a partir de sistemas dinámicos.
- Pruebas serológicas para determinación de la extensión y proporción de la población rural expuesta a SARS-CoV-2.
- Valoración de propuestas de medidas de mitigación desde las políticas públicas o acciones de la sociedad civil.

La integración de estos escenarios representa una notable contribución, no solo por el conocimiento generado, sino por la creación de protocolos que auxiliarán la toma de decisiones relacionadas con las medidas de mitigación y control en las regiones menos favorecidas del territorio nacional.



**Figura I.** Descripción y ubicación de las comunidades de estudio de caso sobre las que se centra la investigación sobre covid-19.

Fuente: elaboración propia

## Modelos epidemiológicos

Los modelos epidemiológicos son fundamentales para comprender el curso de las enfermedades, evidenciar factores que impactan su dinámica espaciotemporal y planificar estrategias de control efectivas (Polo et al., 2017; Polo, Labruna y Ferreira, 2018). Un modelo de uso común es el llamado susceptible-infectado-recuperado o resistente (SIR), que considera la transmisión humano-humano a través de tres estados de enfermedad mutuamente excluyentes. Aunque este modelo ha sido utilizado ampliamente para modelar y predecir la dinámica de enfermedades infecciosas (Ehrhardt et al., 2019; Polo et al., 2018), ha mostrado ser insuficiente para predecir con exactitud la evolución de covid-19 (Giordano et al., 2020).

Este proyecto considera la formulación de un modelo robusto y flexible, adaptable a las condiciones de las comunidades rurales colombianas. Además, establece la presencia de individuos clasificados en cinco grupos principales: susceptibles en riesgo de contraer la enfermedad), expuestos (infectados no infecciosos), infecciosos, diagnosticados (infecciosos detectados y confirmados por el sistema nacional de salud a través de pruebas de laboratorio) y recuperados. Este modelo SEIDR (por cada uno de los grupos de clasificación) también considera que los individuos pueden estar en aislamiento dentro de sus casas o en cuarentena (C), desempeñar actividades fuera de casa (F) o ser sintomáticos (Si) o asintomáticos (A). Las interacciones entre estos estados se muestran en la figura 2.

Los parámetros del modelo se basan en los datos en tiempo real del Instituto Nacional de Salud (INS), y se busca demostrar el impacto de las restricciones/reactivaciones progresivas en la propagación de la covid-19 en las poblaciones rurales de Colombia. De la misma manera, se considerarán escenarios a largo plazo que ilustran los efectos de diferentes medidas nacionales, incluyendo el distanciamiento social, la reapertura de sectores económicos y la masificación de pruebas diagnósticas. Para ello, se usarán simulaciones computacionales para determinar parámetros desconocidos y simular los escenarios de interés.

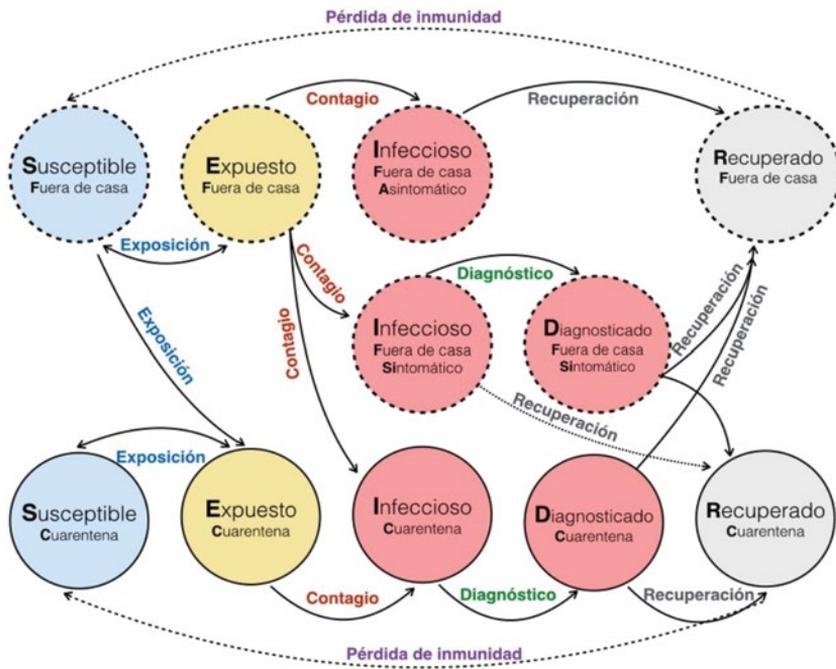


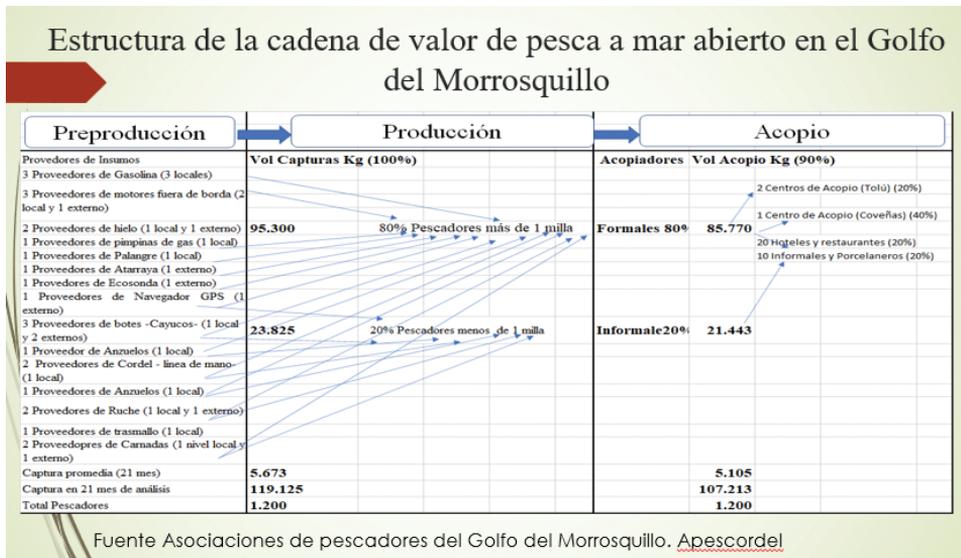
Figura 2. Esquema representando las interacciones entre los diferentes estados del modelo epidemiológico SEIDR.

Fuente: elaboración propia

## Evaluación del impacto socioeconómico mediante modelos de simulación dinámicos en las cadenas de valor agropecuarias

La evaluación del impacto socioeconómico se realiza a través del modelamiento de sistemas dinámicos (SD) en las cadenas de valor de producción agropecuaria, en cada uno de los territorios que conforman los estudios de caso, lo que permitirá a través de simulaciones acercarse a las realidades de los territorios que basan sus economías en la producción de alimentos. Al respecto, un SD es una herramienta para construir modelos que reproduzcan el comportamiento de sistemas complejos, mediante la identificación de bucles

de retroalimentación entre los elementos y los componentes del sistema; en este caso, con énfasis en el rol que desempeñan las personas en el sistema. Varios estudios dan cuenta de su aplicación en sistemas agrícolas y pecuarios; según lo señala Lie y Rich (2016), este modelamiento permite analizar los impactos y posibles retroalimentaciones que puedan surgir de diferentes políticas e intervenciones dentro de la cadena de valor (figura 3).



**Figura 3.** Ejemplo de las fases primarias de la estructuración de una cadena de valor agropecuaria en la cadena de pesca a mar abierto en el Golfo de Morrosquillo.

Fuente: Elaboración propia

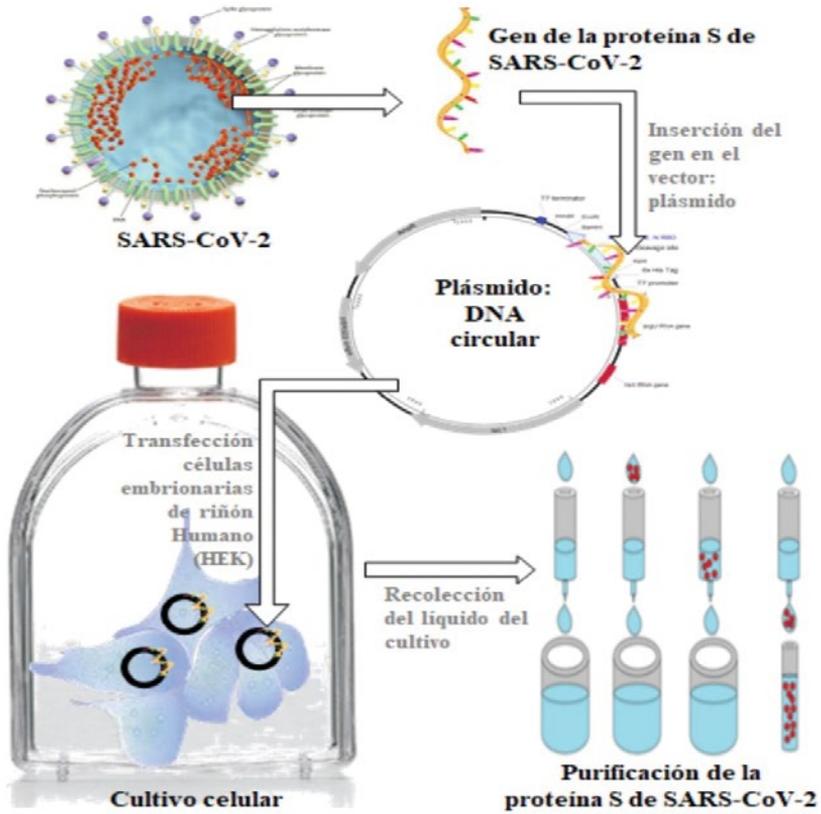
Los modelos de SD que se utilizan en los estudios de caso planteados se construyen a partir de la participación de los actores locales de las diferentes cadenas de valor en un modelo de grupo participativo (MGP) (Rich, Rich y Dizyee, 2018), y considera como unidad de análisis los hogares. Este MGP permite conceptualizar y validar conjuntamente el modelo con los actores involucrados

e interesados en la elaboración de la cadena de valor. En este sentido, las cadenas de valor objeto de análisis son el punto de partida para la estimación de los impactos asociados a las medidas nacionales de mitigación de la covid-19 en cada una de las regiones de estudio. Además, las simulaciones dinámicas de las cadenas de valor agregan valor a cada uno de los eslabones productivos, considerando actividades económicas formales e informales; también, integran los ciclos biológicos, las pérdidas visibles e invisibles en los diferentes sistemas de producción (Romero, 2018), así como los costos asociados a la covid-19 y las medidas de mitigación.

### **Seroprevalencia a SARS-CoV-2 y predictibilidad de los modelos**

La seroprevalencia en términos generales implica la evaluación de la respuesta inmune (anticuerpos) en la sangre, específicamente en el suero, de los individuos de una población frente a un agente infeccioso. Para la covid-19, la producción de anticuerpos contra el virus se detecta entre la segunda y tercera semana de inicio de la sintomatología. Debido a las condiciones biológicas del SARS-CoV-2, su alta capacidad de mutación y transmisión, y las técnicas rápidas y de laboratorio para la detección de anticuerpos se utilizan la producción de proteínas recombinantes del agente infeccioso, es decir, proteínas del virus obtenidas en bacterias o células eucariotas, en lugar de usar cultivos del virus SARS-CoV-2 (figura 4). La producción de proteínas recombinantes —principalmente en células eucariotas— es un gran reto que fortalecerá las capacidades investigativas de nuestros grupos de investigación, y la alianza estratégica entre los diferentes actores que lideran la investigación básica en nuestro país, pues facilita el desarrollo nacional de reactivos y pruebas de diagnóstico inmunológico y molecular en el futuro.

La determinación de la extensión y proporción de la población rural expuesta a SARS-CoV-2 (hasta el momento desconocida), mediante la prueba serológica, es crucial para orientar de manera más eficiente las estrategias en salud pública. La mayoría de los estudios epidemiológicos de la covid-19 se han realizado con pruebas serológicas comerciales y caseras “in house”, las cuales utilizan las proteínas recombinantes más antigénicas del virus: la proteína S, encargada de la unión a la célula; y la nucleoproteína (N), encargada de proteger el genoma viral.



**Figura 4.** Esquema para la producción de proteínas recombinantes del virus SARS-CoV-2 en el laboratorio.

Fuente: elaboración propia

Este tipo de estudios y esfuerzos en diversos países han generado evidencia con respecto a la exposición poblacional al nuevo coronavirus. Por ejemplo, en los Estados Unidos de América se han encontrado seroprevalencias a SARS-CoV-2 en la población general y latina que oscilan entre el 1,1 y el 6,9 % (Chamie et al., 2020; Havers et al., 2020); mientras que en Italia y Alemania se han encontrado seroprevalencias entre el 11 y 14 %, respectivamente (Vena, et al., 2020; Pardon-Regalado, 2020). En el caso de España, otro de los países más afectados, el estudio poblacional ENE-COVID involucró 35.883 hogares, y reportó una baja seroprevalencia del 5,0 al 6,2 %, utilizando pruebas rápidas y de laboratorio, lo que indica que la mayoría de la población española es seronegativa a la infección por SARS-CoV-2; la mayoría de los casos confirmados por PCR tenían anticuerpos detectables y eran sintomáticos. Así, las pruebas serológicas detectaron aproximadamente un tercio de los infectados asintomáticos (Pollán et al., 2020).

### **Mitigación del impacto de la pandemia con énfasis en poblaciones rurales**

Sumado a lo discutido, la pandemia de la covid-19 también ha provocado que el mundo cambie la forma de relacionarse con su entorno, y supone un desafío sin precedentes con efectos sobre la salud con profundas implicaciones socioeconómicas. En consecuencia, se ha establecido que en este contexto se exacerbarán las desigualdades, la vulnerabilidad de algunas poblaciones, crecerá la pobreza y la pobreza extrema, y habrá un debilitamiento de la cohesión social (Ahmed et al., 2020; CEPAL, 2020).

Asimismo, las medidas adoptadas para frenar la propagación del coronavirus como la cuarentena y el distanciamiento social han generado un aumento del desempleo y la reducción de los ingresos de las familias (Barcena y Pinheiro, 2020). Sin embargo, tales efectos se ven reflejados con mayor intensidad en la población que se encuentra en situación de pobreza y vulnerabilidad y en condiciones de precariedad laboral, como lo son las mujeres, las y los jóvenes, indígenas, afrodescendientes y migrantes. En Colombia, la tasa de desempleo pasó de 10,5 %, en mayo de 2019, a 21,4 %, en mayo de 2020, y la tasa de desempleo femenino —que ha sido tradicionalmente cinco puntos más alta que la de los hombres— llegó a los ocho puntos porcentuales en mayo de

2020 (DANE, 2020). Adicionalmente, entre la población vulnerable se incluyen a los pequeños agricultores, que podrían verse impedidos de trabajar en sus tierras o acceder a los mercados para vender sus productos, comprar semillas u otros insumos esenciales, y otras afectaciones en la compra de alimentos debido al aumento de los precios (FAO/CELAC, 2020).

Aunado a lo anterior y a la inseguridad alimentaria, tanto transitoria como crónica que tendrán que enfrentar las personas más vulnerables, es inexorable pensar en la agricultura como una actividad estratégica, justa y vital en la que se deben enfocar todos los esfuerzos de la institucionalidad y las políticas públicas agrarias, para mantener activos los sistemas alimentarios y atenuar así los efectos ya nefastos de la crisis sanitaria producida por la covid-19. De esta manera, con una reflexión profunda de cada territorio y el entendimiento de sus dinámicas y particularidades, además de implementar estrategias de participación comunitaria como la epidemiología participativa y metodología etnográfica (Whiteford y Vindrola-Padros, 2015), se están estudiando las mejores alternativas de intervención en las comunidades rurales que están vinculadas con la producción de alimentos, para ayudar a mitigar los efectos adversos desencadenados por la pandemia de la covid-19 (figura 5).

Estamos ante una sindemia de la covid-19, lo que implica descubrir otras visiones, es decir, la diversificación de los enfoques de atención que impliquen estrategias interdisciplinarias e intersectoriales. Esta enfermedad no solo se caracteriza por sus interacciones biológicas, sino por la importancia de sus orígenes sociales: la vulnerabilidad de los ciudadanos mayores, las minorías, el desempleo, los patrones de migración, la pobreza, la desigualdad, el conflicto político y social; en otras palabras, el índice de pobreza multidimensional impacta no únicamente a las ciudades, también a los territorios rurales. Entonces, ¿estamos empleando las medidas más efectivas para el control de esta zoonosis en el país y en el mundo? La respuesta es no, pues seguimos enfrentando la crisis desde una perspectiva puramente biomédica, sin realizar un manejo integral que tenga en cuenta todos los aspectos asociados a la inequidad social y económica en los ámbitos rurales y urbanos. No importa qué tan efectivo sea un tratamiento o una vacuna, si no se implementan políticas y programas

que solucionen las profundas desigualdades económicas y sociales. Atender el área rural se debe convertir en una prioridad: en los territorios la actividad de la covid-19 es notable.

Por lo anterior, los instrumentos de política pública generados durante las fases de contención y mitigación por parte del Gobierno deben considerar otras estrategias, por ejemplo, la intervención regional implica, en forma prioritaria, la reorientación de las actividades y políticas sanitarias para el combate contra la pandemia, no solo para reforzar la infraestructura hospitalaria y el talento humano calificado, sino para enfatizar la atención primaria de salud desde la perspectiva de la educación para la salud; el saneamiento básico; el suministro de agua potable; el mantenimiento de la red de energía; el acceso a las comunicaciones; y la participación comunitaria para reforzar las acciones colectivas realizadas por individuos, familias y grupos comunitarios con el fin de ejercer control sobre los determinantes de su salud y la de su comunidad.



**Figura 5.** Componentes de la entrevista de percepción que se viene realizando con las comunidades rurales productoras de alimentos en el desarrollo de la investigación cualitativa rápida sobre los impactos de la covid-19.

Fuente: elaboración propia

## Agradecimientos

Esta investigación se realizó gracias al aporte económico del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia - MinCiencias [Proyecto Min-Cienciación: 77464; Contrato No. 362-2020. Título: "Modelización de intervenciones de salud pública del brote de COVID-19 en Colombia: efectividad e impacto epidemiológico y socioeconómico de la toma de decisiones y medidas de mitigación"], ejecutado por la Universidad de La Salle.

Se reconoce el aporte brindado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA para el desarrollo conceptual de las cadenas de valor y el acompañamiento para la definición de las estrategias de enfoque rural rápido del grupo RREAL (Rapid Research, Evaluation and Appraisal Lab) de la University College of London.

Expresamos nuestra gratitud a todos los entes gubernamentales y gremiales de la producción agropecuaria que nos colaboraron para el desarrollo de las actividades en los territorios, así como a los profesionales de campo, contratistas, por toda la labor en la recolección primaria en la construcción de las cadenas de valor: Julián Alberto Medina Salgado, Taurino Silgado, Edinson Parra Vane-gas, Antonio Ricardo Perdomo; así como a los colaboradores investigadores que participaron en la captura de información primaria en las regiones Diana Sanchez Arévalo, Rusvelt Meza Carvajalino y Camilo Meza San Martín.

## Referencias

- Ahmed, F., Ahmed, N. E., Pissarides, C. y Stiglitz, J. (2020). Why inequality could spread COVID-19. *The Lancet Public Health*, 5(5). [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30085-2](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30085-2)
- Barcena, A. y Pinheiro, V. (21 de mayo de 2020). *El trabajo en tiempos de pandemia: desafíos frente a la enfermedad por coronavirus (COVID-19)* [Diapositivas de PowerPoint]. <https://bit.ly/2Nbqn8O>

- Chamie, G., Marquez, C., Crawford, E., Peng, J., Petersen, M., Schwab, D., ... y Gandhi, M. (2020). SARS-CoV-2 community transmission during shelter-in-place in San Francisco. *MedRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.06.15.20132233>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). *El desafío social en tiempos del COVID-19*. Informe Especial COVID-19, n.º 3. <https://bit.ly/38AwsTL>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Principales indicadores del mercado laboral. Mayo de 2020*. <https://bit.ly/3en4FtU>
- Ehrhardt, M., Gašper, J. y Kilianová, S. (2019). SIR-based mathematical modeling of infectious diseases with vaccination and waning immunity. *Journal of Computational Science*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2019.101027>
- Esparza, J. (2016). Epidemias y pandemias virales emergentes: ¿Cuál será la próxima? *Investigación Clínica*, 57(3), 231-235.
- Flores, R. (2010). La situación actual de las zoonosis más frecuentes en el mundo. *Gaceta Médica Mexicana*, 146, 423-429.
- Giordano, G., Blanchini, F., Bruno, R., Colaneri, P., di Filippo, A., di Matteo, A. y Colaneri, M. (2020). Modelling the COVID-19 epidemic and implementation of population-wide interventions in Italy. *Nature Medicine*, 26, 855-860.
- Greger, M. (2007). The human/animal interface: Emergence and resurgence of zoonotic infectious diseases. *Critical Reviews in Microbiology*, 33(4), 243-299. <https://doi.org/10.1080/10408410701647594>
- Havers, F. P., Reed, C., Lim, T., Montgomery, J. M., Klena, J. D., Hall, A. J., ... y Krapivunaya, I. (2020). Seroprevalence of antibodies to SARS-CoV-2 in 10 sites in the United States, March 23-May 12, 2020. *Journal of the American Medical Association Internal Medicine*, 180(12), 1576-1586. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.4130>
- Lie, H. y Rich, K. (2016). Modeling dynamic processes in smallholder dairy value chains in Nicaragua: a system dynamics approach. *Journal on Food System Dynamics*, 7(4), 328-340. <https://doi.org/10.18461/jfsd.v7i4.744>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC). (2020). *Seguridad alimentaria bajo la pandemia de COVID-19*. <https://bit.ly/3ldEQOk>

- Padron-Regalado, E. (2020). Vaccines for SARS-CoV-2: Lessons from other coronavirus strains. *Infectious Diseases and Therapy*, 9(2), 255-274. <https://doi.org/10.1007/s40121-020-00300-x>
- Pollán, M., Pérez-Gómez, B., Pastor-Barriuso, R., Oteo, J., Hernán, M. A., Pérez-Olmeda, M., ... y Molina, M. (2020). Prevalence of SARS-CoV-2 in Spain (ENE-COVID): a nationwide, population-based seroepidemiological study. *The Lancet*, 396(10250), 535-544. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31483-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31483-5)
- Polo, G., Acosta, C. M., Labruna, M. B. y Ferreira, F. (2017). Transmission dynamics and control of *Rickettsia rickettsii* in population of *Hydrochoeris hydrochaeris* and *Amblyomma sculptum*. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 11(6), <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005613>
- Polo, G., Labruna, M. B. y Ferreira, F. (2018). Basic reproduction number for the Brazilian Spotted Fever. *Journal of Theoretical Biology*, 458, 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2018.09.011>
- Polo, G., Mera, C., Labruna, M., Ferreira, F. y Brockmann, D. (2018). Hosts mobility and spatial spread of *Rickettsia rickettsii*. *PLoS Computational Biology*, 14(12), <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006636>
- Rich, K. M., Rich, M. y Dizyee, K. (2018). Participatory system approaches for urban and peri-urban agriculture planning: the role of system dynamics and spatial group model building. *Agricultural Systems*, 160, 110-123. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.022>
- Romero, J. (19-23 de noviembre de 2018). *Sustainability of veterinary services: experiences and challenges*. 24.<sup>a</sup> Conferencia de la Comisión Regional de la OIE para las Américas. OIE Punta Cana, República Dominicana. <https://bit.ly/3bjC8wS>
- Stadlbauer, D., Amanat, F., Chromikova, V., Jiang, K., Strohmeier, S., Arunkumar, G. A., Tan, J., Bhavsar, D., Capuano, C., Kirkpatrick, E., Meade, P., Brito, R. N., Teo, C., McMahon, M., Simon, V. y Krammer, F. (2020). SARS-CoV-2 seroconversion in humans: A detailed protocol for a serological assay, antigen production, and test setup. *Current Protocols in Microbiology*, 57(1). <https://doi.org/10.1002/cpmc.100>

- Vena, A., Berruti, M., Adessi, A., Blumetti, P., Brignole, M., Colognato, R., ... y Bassetti, M. (2020). Prevalence of antibodies to SARS-CoV-2 in Italian adults and associated risk factors. *Journal of Clinical Medicine*, 9(9), 2780. <https://doi.org/10.3390/jcm9092780>
- Whiteford, L. M. y Vindrola-Padros, C. (2015). *Community participatory involvement: A sustainable model for global public health*. Taylor & Francis.
- World Health Organization (WHO). (2020). *Coronavirus*. <https://bit.ly/3eLOWor>