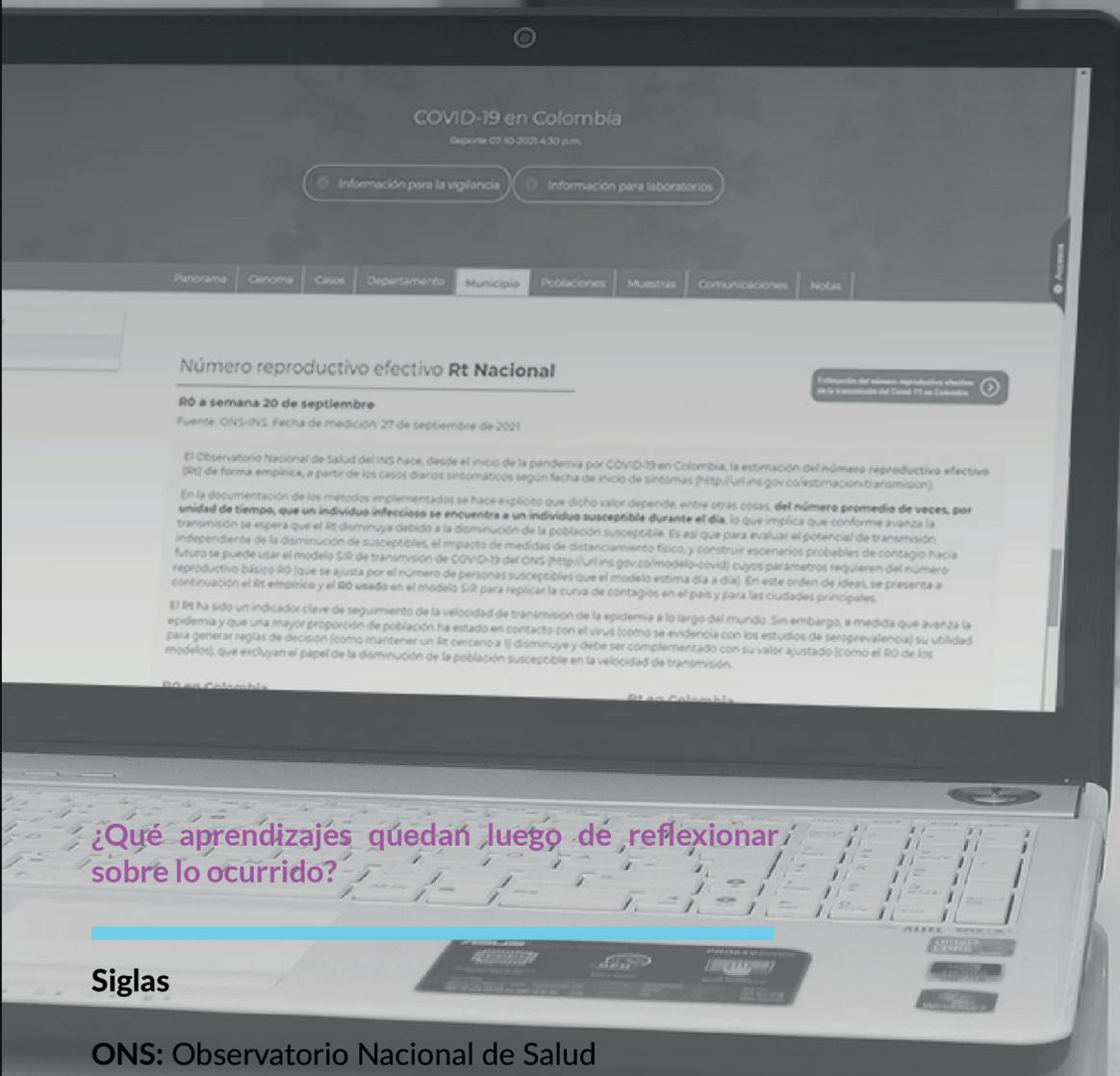


Modelos de estimación COVID-19 en Colombia:

sistematización de la experiencia en el ONS



¿Qué aprendizajes quedan luego de reflexionar
sobre lo ocurrido?

Siglas

- ONS: Observatorio Nacional de Salud
- CMD: Concepción Metodológica Dialéctica
- INS: Instituto Nacional de Salud
- SIR: Susceptible – Infectado – Recuperado
- Rt: Número reproductivo efectivo
- R0: Número reproductivo básico
- OMS: Organización Mundial de la Salud

Modelos de estimación COVID-19 en Colombia:

sistematización de la experiencia en el ONS

Jean Carlo Pineda-Lozano
Luz Stella Cantor Poveda

Resumen

Ha transcurrido más de un año desde la notificación del primer caso de COVID-19 en Colombia y los modelos matemáticos de estimación desarrollados por el Observatorio Nacional de Salud (ONS) del Instituto Nacional de Salud (INS) se consolidaron como insumos clave para tomar las decisiones que guían el manejo de la emergencia en el país y en sus entidades territoriales. Si bien el equipo del ONS no es especialista en modelación matemática, al advertir la dimensión de la emergencia, orientó sus esfuerzos a desarrollar y sostener este tipo de modelos, implicando un esfuerzo institucional significativo que involucró a casi todos los miembros del equipo que lo conforman y, por las circunstancias en que se da, con repercusiones a nivel individual y colectivo. Por lo anterior, sistematizar esta experiencia, novedosa para el ONS, es una oportunidad de hacer una lectura crítica de la misma y apropiarse aprendizajes relevantes a nivel institucional que permiten plantear mejores respuestas ante situaciones futuras, donde el ONS podrá ser considerado un valioso generador de conocimiento, que aporte evidencia a la toma de decisiones en la salud pública del país, acudiendo a estas nuevas posibilidades metodológicas.

Los modelos matemáticos de epidemias son herramientas de base estadística usadas para el análisis de la transmisión de enfermedades infecciosas (1); tratan de representar el comportamiento de la propagación de la enfermedad, el tamaño final de la misma, el estado de susceptibilidad de la población en un momento determinado y proyectar una necesidad estimada de recursos de atención en salud, previendo posibles escenarios de intervención para la contención de la epidemia (2). Modelos de esta naturaleza fueron desarrollados en el ONS con el fin de atender la epidemia de COVID-19, siendo una actividad representativa para el equipo que lo conforma y, dejando en este una capacidad instalada. Por lo anterior, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles fueron los aprendizajes de la experiencia de generación, seguimiento y divulgación de los modelos matemáticos de COVID-19 en Colombia desde el ONS?

Esta sección consta de tres partes: el relato de la experiencia que ha sido objeto de la sistematización, resaltando las perspectivas de los sujetos que han hecho parte de esta; posteriormente, se desarrollan los hallazgos principales que emergieron del análisis crítico y en profundidad de la información recolectada; y, finalmente, se destacan los aprendizajes identificados a lo largo del proceso, los cuales son base del aporte de algunas recomendaciones para el desarrollo de posteriores experiencias similares.

El estudio es una sistematización de experiencias se lleva a cabo en cinco momentos, de acuerdo con la propuesta del educador popular y sociólogo peruano y costarricense Oscar Jara (3,4):

1. Participación en la experiencia y contar con registros de la misma.
2. Definición de un plan de sistematización.
3. Reconstrucción de la historia, ordenamiento y clasificación de la información.
4. Proceso de análisis, síntesis e interrelaciones, interpretación crítica e identificación de aprendizajes.
5. Formulación de conclusiones, recomendaciones y propuestas.

Para el análisis se adopta el enfoque propuesto por Jara, como lo es la concepción metodológica dialéctica (CMD), la cual busca comprender los fenómenos desde el interior de su dinámica (5). La recolección de la información es hecha a través de entrevistas semiestructuradas a miembros del equipo del ONS, expertos en modelación y revisión documental.

1. Reconstrucción histórica de la experiencia de modelado al interior del ONS

El INS es una institución pública de los sectores de salud, ciencia y tecnología que contribuye a la salud pública y la seguridad sanitaria colombiana. Dentro de sus funciones, se encuentra el desarrollo

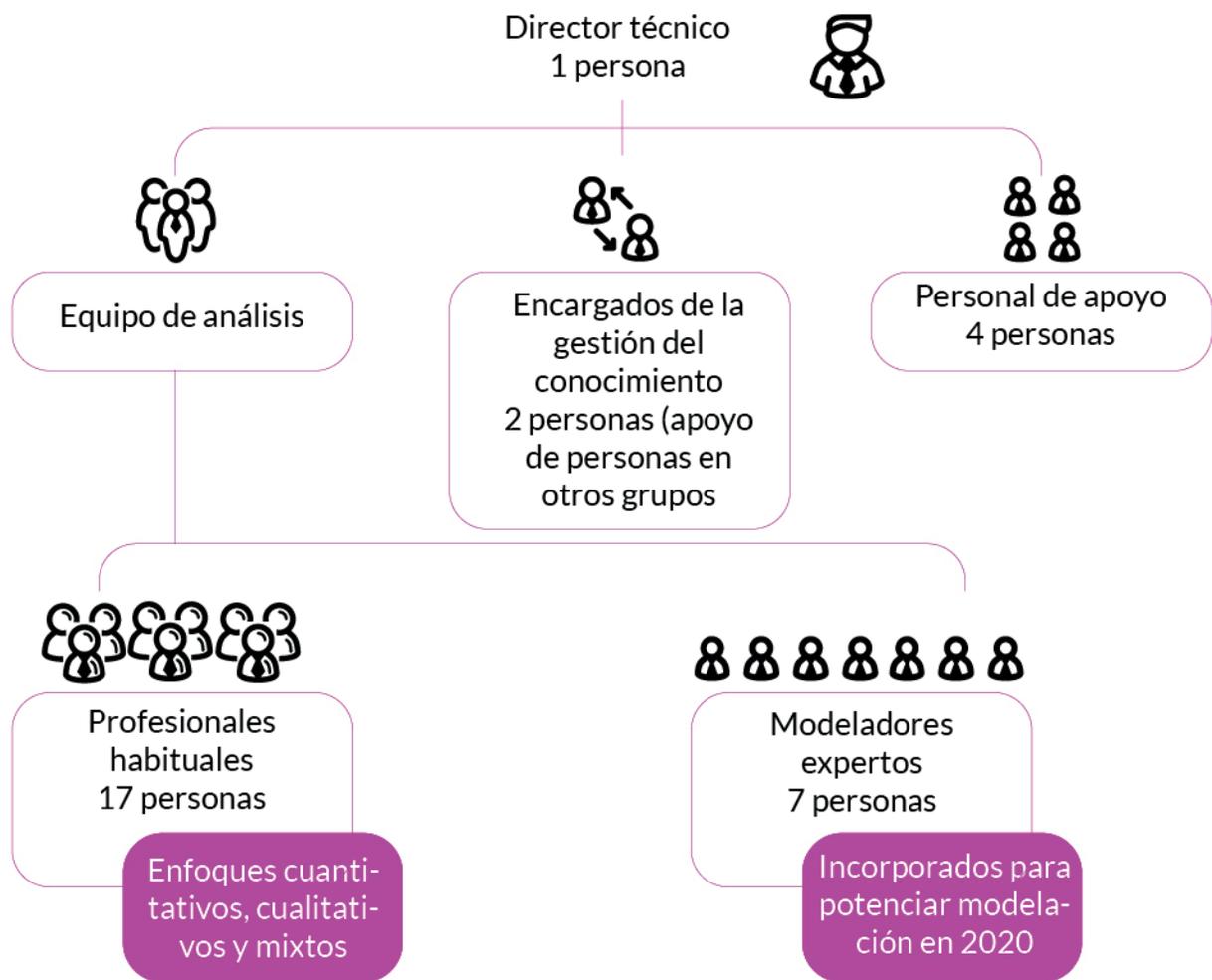
y la gestión del conocimiento científico en salud. Una de sus direcciones es el ONS cuya creación es ordenada en el 2011 por la Ley 1438 del Congreso de la República (6). El ONS fue establecido para generar evidencia que apoye la toma de decisiones en salud pública del país con el concepto central de gestión del conocimiento en salud (7). Desde 2013, el ONS viene trabajando en la generación de conocimiento basado en la ciencia, presentando los resultados de sus investigaciones en formatos diferentes como: informes técnicos, artículos de divulgación científica, infografías, boletines técnicos, series documentales, entre otros.

Durante el periodo de sistematización el equipo contó con 31 personas dentro de la estructura detallada en el gráfico 1. Para desarrollar sus funciones, el equipo de análisis implementa herramientas como revisiones

sistemáticas de literatura, monitoreo de indicadores en salud, análisis de políticas públicas, análisis de factores de riesgo y determinantes sociales en salud, diseño de modelos de análisis, evaluación de tendencias y predicción de eventos, entre otros. Sin embargo, no se había centrado en modelación matemática de epidemias, como lo señala uno de los entrevistados.

"(...) nunca habíamos hecho modelación sobre todo de ecuaciones diferenciales, que fue la alternativa que se empezó a usar en ese momento, no lo habíamos hecho porque generalmente desde el Observatorio (...) nos hemos concentrado, por ejemplo, en el análisis de desigualdades, análisis de carga de enfermedad y pues ahí los modelos matemáticos no eran tan robustos" (Entrevista B).

Gráfico 1. Estructura del equipo ONS durante el periodo que abarca la sistematización



Fuente: Elaborado por el equipo del ONS.

El equipo, en el marco de estas dinámicas de trabajo, asume el reto de la construcción de unos modelos matemáticos de epidemias de COVID-19. A continuación, se relata cómo aconteció la experiencia y cuál fue el rol del ONS en este contexto de emergencia sanitaria. El periodo de sistematización delimitado fue de enero de 2020 a marzo de 2021. La investigación se adelantó entre abril y septiembre de 2021.

Gestación de la experiencia

A finales de 2019, cuando el ONS terminaba su informe técnico número once sobre acceso a los servicios de salud y se alistaba para desarrollar el informe doce, planeado sobre migración y salud, al otro lado del mundo en Wuhan, Provincia de Hubei, China, empezaron a aparecer casos de una neumonía desconocida. La noticia era llamativa por su acelerada transmisión, sin embargo,

el pensamiento general era que la situación no iba a trascender y que sería un brote controlado fácilmente como sucedió en 2003 con la epidemia de SARS

.
“(…) una semana antes de eso yo personalmente no me imaginaba, a pesar de que D si me decía (...) “mira que él dice que el virus no sé qué”, y uno “ay sí, la gripita”, o sea, digamos que era algo inimaginable todo esto que ha pasado” (Entrevista F).

Al empezar el año 2020, el brote parecía una situación todavía distante y apartada de las problemáticas y preocupaciones locales. Los medios de comunicación internacionales alertaban sobre el conglomerado de casos de neumonía en Wuhan, declarando el 9 de enero de 2020 que se trataba de un nuevo coronavirus. Desde entonces se desencadenaron una serie de sucesos que se amplían en el gráfico 2.



Gráfico 2. Línea de tiempo que describe acontecimientos importantes entorno a la emergencia sanitaria y la experiencia de modelado en el ONS



Tras la confirmación de la primera víctima mortal por el nuevo coronavirus el 11 de enero en China y la notificación de casos en otros países a partir del 13 de enero, el brote se volvió de especial preocupación porque surgía evidencia que demostraba la existencia de transmisión entre seres humanos. La conmoción vino el 23 de enero cuando Wuhan entró en cuarentena y se aisló del mundo para tratar de contener la propagación. Ante este escenario insólito, los países, incluido Colombia, empezaron a repatriar a las personas desde China. El 11 de febrero, cuando el virus se había propagado en varios países, la Organización Mundial de la Salud (OMS) anunció que la enfermedad causada por el nuevo coronavirus se denominaría COVID-19 (8), nombre que surge al tomar las palabras “corona”, “virus” y disease (enfermedad en inglés), mientras que 19 representa el año en que surgió (9). Por su parte, el nombre del virus SARS-COV-2 (Coronavirus de tipo 2 causante del síndrome respiratorio agudo severo), es asignado por su relación filogenética del brote SARS de 2003 (10).

Revisiones de literatura para responder cuestionamientos y, sin saberlo, para empezar a modelar

En febrero, Colombia entró en una fase de preparación para la llegada del virus. El INS como institución clave para la ciencia y la salud pública del país comenzó a alistar los equipos que realizarían seguimiento a la dinámica del virus. El ONS había empezado a ser consultado sobre temáticas como la caracterización del virus, modos de transmisión, métodos efectivos de prevención, entre otros, a lo cual dio respuesta haciendo uso principalmente de revisiones a la literatura disponible hasta ese entonces: “(...) al Observatorio al principio se le empezó a solicitar una serie de revisiones de literatura y de revisiones rápidas de literatura, todo eso fue ya en 2020, o sea, entre enero y febrero fundamentalmente” (Entrevista B). Además, comenzó a mirar en detalle el contenido de prensa y las opiniones de expertos frente a la nueva enfermedad.

En un principio, dichas revisiones no estaban encaminadas a desarrollar modelos matemáticos: “(...) empezaron a verse como unas revisiones y una preparación previa siquiera antes de que nosotros tuviéramos o supiéramos que eso iba a resultar en un modelo” (Entrevista D). Sino a responder a cuestionamientos directos que surgían en medio de la incertidumbre que ocasionaba la situación. Las revisiones se realizaron con la evidencia disponible, que para entonces era escasa, no corroborada y muchas veces escrita en lenguas lejanas a la nuestra v.g. Mandarín.

“la falta de evidencia, el trabajar con parámetros que se encontraban en artículos científicos no publicados (...) en preprints, eso quizá no es algo común de hacer porque no

tiene la suficiente validez por pares académicos, sin embargo, el tiempo apremiaba y creo que era la mejor aproximación en ese momento teniendo en cuenta la disponibilidad de los datos” (Entrevista I).

Desde principios de febrero de 2020, en medio de la incertidumbre que sobrellevaba el país, el ONS empezó a repensarse cómo podría aportar al entendimiento de la situación ante la inminente llegada de la enfermedad al país. Como iniciativa propia, en un comienzo, el Observatorio revisó la temática de modelado de enfermedades infecciosas con ecuaciones diferenciales. El ingenio y el desarrollo del modelo desde el principio estuvieron en cabeza del director técnico del ONS y todo el equipo lo reconoce de esa forma. Se le solicitó a parte del equipo de análisis revisar los ejercicios de modelación que adelantaban otros países, los supuestos que asumían y las características de la enfermedad que pudieran ser incorporadas como parámetros dentro del modelo planeado.

“(...) cuando empezó a sonar todo lo de COVID recuerdo que [se] nos mandó a hacer una revisión (...) de todos los parámetros que pudiéramos conseguir respecto al R_0 , al tiempo de incubación del virus, cómo eran la transmisión (...) y ahí más que todo lo que encontramos fue literatura de China, que había artículos que pues no se podían ni traducir” (Entrevista H).

Hacia finales del mes de febrero la dirección general solicitó producir un modelo de estimación que se pudiera contrastar con las estimaciones que estaban haciendo otros equipos y científicos del país. Las revisiones y ejercicios que se habían empezado a hacer, sumado a la experticia en manejo de datos y lenguajes de programación que tenían algunos miembros cuantitativos del equipo de análisis, hicieron que para el ONS fuera posible diseñar un primer modelo SIR (Susceptible-Infectado-Recuperado) que proyectaba escenarios de lo que ocurriría en el país a la llegada del virus. Posterior a los primeros desarrollos, otros miembros cuantitativos del equipo de análisis se incorporaron paulatinamente a los ejercicios y comprendieron cómo operar el modelo para replicar los resultados en otras escalas y poblaciones, esto permitió que en las semanas y meses siguientes se pudieran presentar los resultados de la modelación con mayores niveles de desagregación.

Primeras socializaciones de los resultados de la modelación

Los resultados iniciales del ejercicio de modelación fueron compartidos con la dirección general del INS, quien a su vez los socializó con el Ministerio de Salud y la Presidencia de la República. A medida que se continuaban



las revisiones de literatura sobre ejercicios de modelación que se hacían en otras partes del mundo, se ajustaba el modelo para Colombia con la información recabada. A principios del mes de marzo, algunos tomadores de decisiones ya tenían conocimiento de la creación de este modelo inicial y de otros ejercicios de modelación adelantados por instituciones y científicos colombianos reconocidos.

El 6 de marzo de 2020 Colombia notificó el primer caso de COVID-19 en su territorio, al día siguiente el mundo alcanzaba los 100.000 contagios, la situación era tan grave que el 11 de marzo la OMS calificó el brote como pandemia; los países más afectados comenzaron a imponer confinamientos obligatorios. El 12 de marzo Colombia declaró la emergencia sanitaria por causa de esta y, solo 9 días después, notificó el primer fallecimiento.

La urgencia de información llevó a que, entre muchas otras medidas, el 12 de marzo de 2020 se convocara a expertos, grupos e instituciones que habían empezado a desarrollar ejercicios de modelación en el país para que socializaran los resultados obtenidos y pudieran trabajar de forma coordinada. El INS lideró dicha reunión, en la

cual se compartieron modelos que arrojaban diferentes proyecciones, pero con un aspecto en común: que la situación que se avecinaba no era alentadora. Los resultados del modelo del ONS fueron compartidos en dicho espacio con otros grupos de modeladores expertos, de esta reunión se conformaron equipos de trabajo entre instituciones que buscaban mantener el trabajo colaborativo y optimizar los resultados de la modelación.

Incidencia de los resultados iniciales de la modelación en la toma de decisiones

La experticia aportando a la toma de decisiones en salud pública desde el conocimiento científico, así como el trabajo en torno a la apropiación social de este conocimiento, favoreció al ONS para llevar conocimientos complejos como los asociados a los modelos a unos ejercicios cercanos, legibles y aplicables a la realidad concreta. El modelo presentado por el ONS empezó a tener relevancia dado que sus resultados empezaron a corresponder con el comportamiento de la epidemia, además de ser generado por un equipo perteneciente a una entidad adscrita al Ministerio de Salud y Protección Social.

“(…) ese modelo original con los ajustes que se habían hecho sobre la evaluación de los posibles efectos de las medidas no farmacológicas, pues, digamos, tenían como cierta correspondencia con lo que se iba viendo, digamos al final eso como que validó ese ejercicio inicial” (Entrevista B).

A raíz de esto, el ONS fue citado a múltiples espacios, rodeado de expertos y tomadores de decisiones en el país para compartir los resultados de su modelo. Las estimaciones generaban escepticismo, aun así, los resultados de este primer modelo fueron, entre otros, insumos para tomar decisiones en Colombia que buscaban mitigar el impacto de la epidemia. Después de presentar los resultados y que varias entidades territoriales hubieran empezado a implementar aislamientos a manera de simulacro, el gobierno nacional tomó la decisión de decretar aislamiento preventivo obligatorio en todo el territorio colombiano desde el 25 de marzo de 2020, el cual se amplió de manera paulatina manteniéndose de forma estricta hasta el 27 de abril de 2020.

Esta decisión, junto con las tomadas previamente, como el cierre de fronteras, de escuelas, universidades, cancelación de eventos masivos, entre otras, que no dependieron directamente de la modelación, fueron determinantes para limitar el contagio, dar tiempo de ampliar la capacidad hospitalaria y evitar un aumento desmedido de los casos.

“(…) con la primera cuarentena (…) lo que se logró fue contener el ascenso de los casos que se esperaban, si no se hubiese hecho nada lo que esperábamos era que precisamente como en mayo - junio de 2020 el sistema estuviese totalmente colapsado por la velocidad de transmisión que se estaba viendo internacionalmente y que acá se venía comprobando con los primeros casos de marzo” (Entrevista B).

La decisión de hacer cuarentena nacional llevó a muchas personas a que trabajaran desde sus casas, entre esas personas estaba el equipo completo del ONS, quienes tuvieron que reajustar sus rutinas y continuar haciendo su trabajo habitual sumado al trabajo desencadenado con la acogida del modelo desarrollado.

Una segunda línea de trabajo: profundización metodológica de la modelación en el ONS

El 22 de abril de 2020 las estimaciones del ONS se publicaron a la ciudadanía en la página WEB del INS. Al tiempo, el Observatorio comenzó a vincular a su equipo de trabajo expertos en modelación y ciencia de datos, lo que permitió consolidar dos líneas desde las cuales se trabajaría desde ese momento: la que da cuenta del

modelo SIR básico y la que profundiza, principalmente, en la estimación de la velocidad de contagio.

“La directora nos pone en contacto con J (…) hizo su doctorado por allá en modelación, estaba en Myanmar (…) poniendo a disposición todo su conocimiento para ayudar en modelación en Colombia, (…) yo le pasé el código de lo que se tenía originalmente y él empezó, tenía unas ideas muy claras en su cabeza de por ejemplo cómo medir el R_t , y él también estaba interesado en mirar la efectividad de las intervenciones, pero fundamentalmente medir el R_t ” (Entrevista N).

En esta etapa, un reto inicial que asumió el ONS fue entablar un diálogo de saberes con los expertos en modelado, un escenario de escucha y de intercambio que le permitiera tomar las herramientas que los nuevos integrantes del equipo de modelado querían aportar desde sus conocimientos y experiencias para contribuir a dar respuesta a las necesidades manifestadas por los tomadores de decisiones.

“J tiene un nivel de programación supremamente avanzado y matemático y de abstracción matemática es tremendo, seguir el discurso era bastante complicado, entender qué era lo que estaba haciendo era muy difícil al principio, y aparte realmente su orientación no estaba en lo que nos estaban pidiendo [tomadores de decisión], quería saber qué pasaba si yo cierro 15 días (…) lo que decía era que lo más importante era poder medir el R_t que después adquiere digamos mucho significado” (Entrevista B).

Dentro de las posibilidades que ofrecía la segunda línea de trabajo, desarrollada por los expertos en modelado en conjunto con algunos integrantes del equipo del ONS, era poder estimar el número reproductivo efectivo (R_t), es decir, el número potencial de personas a los que un solo contagiado puede transmitir el virus.

“¿Entonces qué hicimos nosotros y en qué ayudaron esos modelos? Ayudaron al puro principio en discusión de tasas de contagio porque si ustedes se acuerdan siempre que salía el ministro en la hora del presidente, normalmente había un mapa atrás del R_t es tanto y por cada persona contagiada se están contagiando tantos; ahí fue nuestro mayor aporte al inicio porque esa era la variable que todo el mundo estaba mirando para decidir cuando había que cerrar o abrir en la ciudad” (Entrevista J).

Con el pasar de los meses ambas líneas de trabajo se definieron y resultaron en contribuciones que se complementan y aportan desde distintos niveles al conocimiento del comportamiento de la enfermedad y a la toma de decisiones en el marco de la pandemia:

“(…) al final los dos modelos siguen, se mantienen por aparte, el modelo original básicamente el modelo que está desde febrero marzo [de 2020], es el modelo que se sigue usando hoy y los modelos que se generaron con él para medición del R_t son complementarios, lo que hace es medir (…) el comportamiento diario (…) para los tomadores de decisiones ese comportamiento del [R_t] es importante, pero pues al final lo que les interesa más es poder intervenir en el mediano plazo, al menos” (Entrevista B).

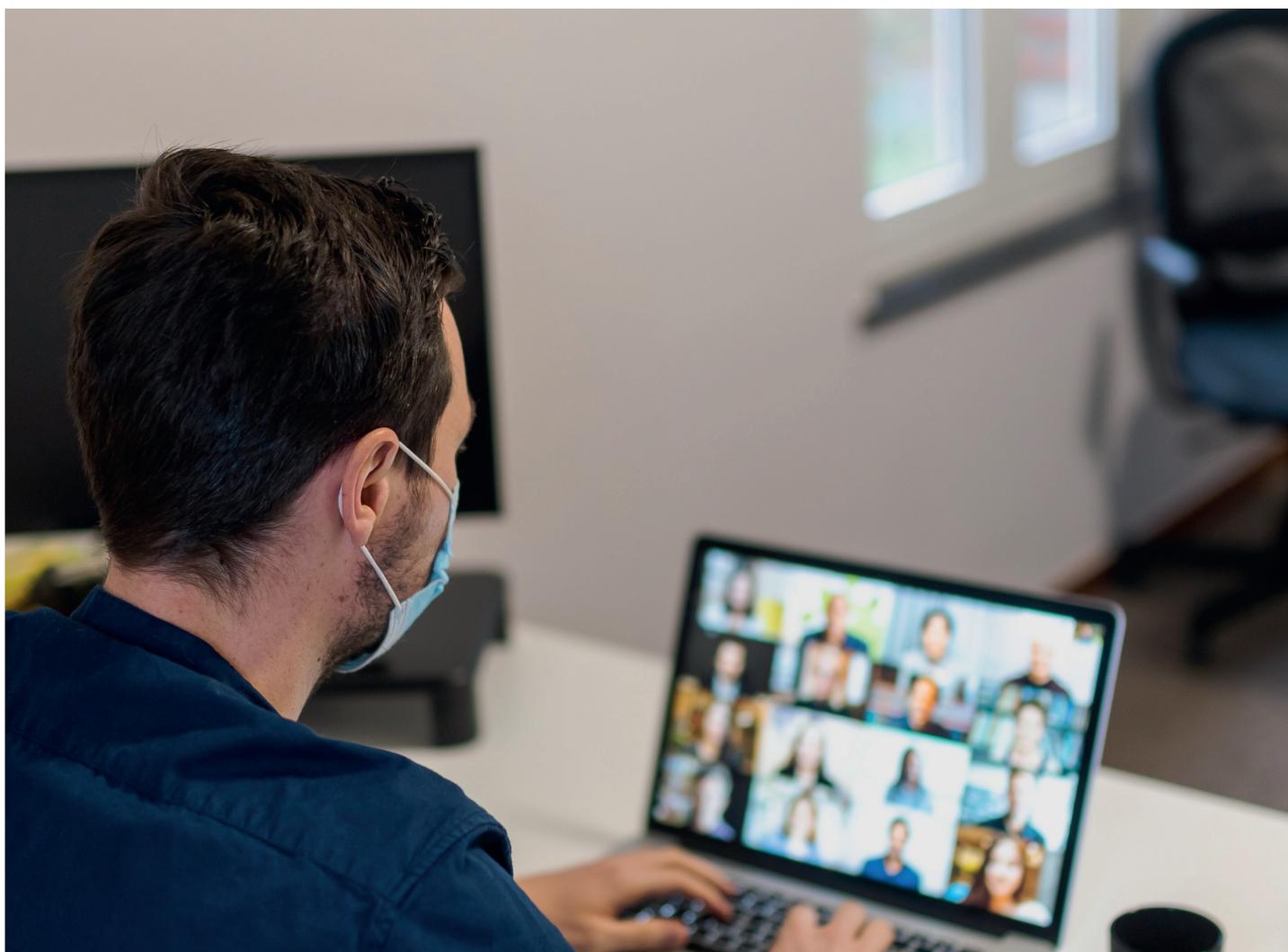
Con el trabajo desarrollado en torno al modelado, que era de alta demanda informática, quedó en evidencia la insuficiente estructura tecnológica con que contaba el ONS, a pesar de los esfuerzos de renovación que venía adelantando, pues debió acudir al apoyo de entidades externas para superar estas limitaciones durante el curso de la emergencia y mantener el procesamiento diario de información cada vez más voluminosa.

Monitoreo y seguimiento de los modelos

La línea de trabajo relacionada con el modelo SIR inicial adquirió la responsabilidad de hacer seguimiento

territorial al comportamiento de la enfermedad, para ello desarrollaron herramientas en las que se sintetizaba la información arrojada por el modelo y se presentaban las proyecciones en formatos estandarizados. Tanto las herramientas como los formatos se complejizaron y evolucionaron con el pasar del tiempo, el monitoreo y el reporte aún se mantiene. Este seguimiento y monitoreo contó con un elemento contextual que se articulaba con los resultados del modelado: información identificada en notas de prensa que profesionales de las ciencias sociales del ONS localizaban por internet. Dichos insumos se requerían para respaldar o argumentar las proyecciones de cada uno de los modelos de los departamentos y de las ciudades capitales.

“(…) en el Observatorio intentamos hacer un análisis de contexto para cada situación en particular, o sea, se ha venido diciendo que esta es una epidemia asincrónica, o sea, cada unidad geográfica al final pues empieza a tener picos en diferentes momentos (…) relacionados con ciertos fenómenos totalmente locales y pues eso no lo captura un modelo matemático, eso tiene que hacerse es un análisis principalmente de ciencias sociales” (Entrevista B).



A partir de los resultados que arrojaban las estimaciones tanto a nivel nacional como en los departamentos y municipios en que se desagregaba, surgieron múltiples inquietudes, tanto de la ciudadanía como de las instituciones y los tomadores de decisiones para evaluar la viabilidad de tomar o no ciertas medidas. Esta tarea fue asumida por el equipo a cargo de la línea de trabajo del modelo SIR inicial. Desde este momento sobrevino para los miembros del equipo, especialmente los de perfiles cuantitativos, una carga de trabajo significativa de tareas y de solicitudes de información que eran adicionales a sus actividades laborales cotidianas.

“(…) llegaba una solicitud del Ministerio: qué pasaría si se abre 15 días y se cierra 15 días, entonces de inmediato tocaba entregar esa respuesta y pues era trasnochar, trabajar hasta las 10, 11 o 12 de la noche tratando de hacer eso” (Entrevista E).

Hoy en día se continúa con el seguimiento a los modelos y la respuesta a las solicitudes de información asociadas, la demanda de estas ha disminuido, así como el nivel de dificultad para responder a estas tareas para los integrantes del equipo, debido en parte a que su comprensión del sentido de la modelación de COVID-19 es más profunda y a que la estandarización de algunos procedimientos facilita su ejecución. Es menester aclarar que esta reconstrucción se ha dificultado por la limitada disponibilidad de registros sobre decisiones metodológicas, reuniones de trabajo y procesos en torno al modelado, lo que supone un primer aprendizaje.

2. Análisis crítico de la experiencia

Como se puede deducir por la reconstrucción relatada, la experiencia es vasta, enriquecida y compleja por el contexto social y sanitario en que se da. Dicho esto, y dada su complejidad, desde el principio se planteó focalizar el ejercicio analítico de esta sección en algunos aspectos centrales, buscando enfocar en ellos la atención y posibilitando una mirada crítica de los mismos.

Como parte del INS, el ONS aporta lo mejor de sí para la modelación

En primer lugar, hay que destacar que la experiencia fue posible gracias a que el ONS es una dirección técnica del INS y a su misión. Esto le dio la posibilidad de plantearse interrogantes en torno a qué ocurriría en Colombia ante la llegada del virus y anticiparse para generar conocimiento útil que guiara la toma de decisiones en medio de una gran incertidumbre. Con la reputación y el recorrido que tiene el ONS, la expectativa ante un escenario tan atípico era que estuviera a cargo de análisis en los que sí es experto

y que respondiera a las solicitudes de encontrar y generar conocimiento para responder las inquietudes clave que surgieran.

A pesar de la escasa experiencia con la que contaba el ONS en modelación matemática de epidemias, la capacidad que tenían miembros del equipo hizo posible que se gestara un modelo matemático inicial sustentado en la evidencia disponible y se continuara con desarrollos posteriores con la evidencia emergente encontrada en la literatura: *“Había como una capacidad creada ya por varios miembros del equipo del ONS, lo mismo que con las revisiones digamos a través del liderazgo de D” (Entrevista F)*. Así fue como el ONS acudió a las herramientas y metodologías que conocía para responder a las preguntas recibidas, en especial haciendo uso de revisiones de literatura y revisiones rápidas de literatura. El ahínco y deseo de aportar a la comprensión y manejo de la inminente emergencia por parte de los integrantes del equipo, llevó al ONS a una posición que no se intuía fuera a ocupar, ya que, como se destacó más arriba, solo uno de sus integrantes tenía noción de los referentes teóricos del modelado matemático de epidemias.

El extraño ambiente que generó la rápida propagación del virus obligó a utilizar información muy preliminar y sin revisión por pares académicos, inclusive, en algunas ocasiones la premura por obtener una respuesta era tal que no se pudo corroborar la calidad de la evidencia, aun cuando *“(…) cumplir el propósito de facilitar el estudio de aspectos clave de la realidad y hacerlo con confiabilidad aceptable, implica que los modelos deban usar los mejores datos disponibles” (2)*.

En consecuencia, el equipo de análisis cuantitativo del ONS elaboró y replicó el modelo, consiguiendo modelar escenarios para todos los departamentos con sus capitales y municipios con comportamientos epidemiológicos alarmantes. El hecho de que al principio solo una persona del equipo manejara el referente teórico frente a la modelación matemática, ocasionó que al incorporarse los profesionales cuantitativos, no todos son epidemiólogos, solo se pudieran alcanzar réplicas del modelo en otras escalas, aproximándose a un campo de conocimiento inexplorado, situándose en una compleja situación en la que intentaban reproducir unos modelos que, para quien no es experto en el tema, resultan en una alta dificultad. Esta situación desafiante comprendía la complejidad metodológica y la alta responsabilidad asumida, pues en ese momento las proyecciones pasaban por un gran escrutinio público, puesto que los ojos estaban volcados sobre la situación caótica y las respuestas que los generadores de conocimiento pudieran dar.

Reflexiones sobre la incorporación de expertos

A pesar del autorreconocimiento de las personas del equipo cuantitativo como replicadores de modelos. “(...) lo que nosotros hemos hecho es correr los modelos, que como te digo pues finalmente eso no es que tenga mayor... o sea después de que el código está hecho eso no tiene ningún misterio” (Entrevista D), hay una gran relevancia en la tarea que asumieron y se debe reconocer la utilidad de su esfuerzo. Si bien se estableció una segunda línea de trabajo conformada por personas contratadas, pasantes posdoctorales y personas ad honorem con conocimientos y capacidades más profundas para hacer modelación, la responsabilidad de dar respuesta a la mayoría de requerimientos de información recayó sobre los profesionales cuantitativos del ONS a quienes se les asignó monitorear las curvas epidémicas de los departamentos con sus capitales y ajustar las proyecciones con base en el comportamiento observado implementando el modelo SIR.

“(...) yo creo, que, a pesar de la experticia y especialidad de estos personajes con el tema de programación, la mayoría de responsabilidad recaía sobre el resto del equipo, sobre nosotros, o sea los requerimientos no los respondían ellos nunca” (Entrevista F).

Esta particularidad de que los expertos en modelación no respondieran los interrogantes recibidos sobre los modelos se da principalmente por tres factores: en primer lugar, las personas incorporadas tienen perfiles de científicos de datos, no estrictamente en salud, lo que limita su capacidad de argumentar sus respuestas desde la salud pública, “(...) lo que se consiguieron fueron perfiles de datos, todos ellos encajaban muy bien con J, no con lo que estábamos haciendo nosotros (...) por eso fue que los grupos al final se dividieron” (Entrevista B). En segundo lugar, no se incorporaron desde el principio cuando se desarrolló el modelo. En tercer lugar, los desarrollos de estos expertos se centraron en modelos más complejos que posteriormente se convirtieron en modelos “complementarios” del inicial y sencillo, pero muy útil modelo SIR básico.

“(...) así el modelo que hayamos utilizado es el más sencillo no ha perdido vigencia ni capacidad de proyección (...) porque hay otros modelos que incluyen otros factores, se complejizan un poco, pero este modelo, al ser un modelo sencillo, es más fácil de replicar y quizá más fácil de entender, entonces esa creo que es la gran ventaja del modelo del Instituto y del Observatorio, que es un modelo SIR clásico, que su sencillez metodológica no implica su sencillez a nivel de proyecciones” (Entrevista I).



En particular, el trabajo de los expertos en modelación permitió robustecer los desarrollos del ONS en modelado. Aún con las limitaciones informáticas que se tenían, contribuyeron a mejorar los modelos SIR; desarrollar modelos basados en procesos de simulación de eventos discretos; optimizar los parámetros de transmisión; construir modelos estado espacio para estimar el R_t y modelos de meta poblaciones con variables de movilidad. La información que arrojan sus desarrollos ha sido utilizada para tomar decisiones a nivel nacional y local, aflorando un gran desafío para el ONS: armonizar los conocimientos entre ciencias exactas bajo la mirada de profesionales con enfoques fuertemente marcados por el positivismo con la salud pública y la comunicación de la información para la toma de decisiones durante la emergencia.

“Eso es un reto y creo que es un reto de toda la salud pública en general, muchas veces se aísla de otras disciplinas que pueden ser de mucha utilidad precisamente por esas barreras en cómo se aproximan a [los] problemas (...) la salud pública tiene una postura que puede llegar a ser crítica (...), pero pues que está muy orientada en atender un problema real de la población (...) mientras que otras ciencias (...), sencillamente lo que tienen que aplicar son los métodos para aproximarse al conocimiento y pues que lo que salga no necesariamente se tiene que transformar en una solución” (Entrevista B).

Diálogos al interior de ONS: los que se dieron y los que no

Como fue mencionado en el apartado de la reconstrucción, además del trabajo con el grupo de expertos, el ONS hizo una exploración desde las ciencias sociales que permitiera identificar en las entidades territoriales comportamientos y situaciones asociadas a los contextos particulares que pudieran hacer que se incrementaran los casos y que respaldara las estimaciones de los modelos, esta tarea se encomienda al equipo cualitativo del ONS.

Fue así como el intercambio entre profesionales cualitativos y cuantitativos del ONS se convirtió en un nuevo reto que hizo parte de la experiencia y que evidenció aspectos en los que el Observatorio podía robustecerse: *“(...) al Observatorio, desde mi punto de vista, siempre le ha faltado ese diálogo con los cualis (...) a uno le gustaría que eso si tuviera un puente mayor de comunicación, pero eso es una cosa que yo creo que siempre ha faltado en el Observatorio, como un poco ese puente” (Entrevista D).* Sin duda fue una oportunidad idónea para este encuentro, el cual dadas las condiciones ocurrió en el marco de espacios de conversación que permitieron en algunos casos conocer lo que el otro necesitaba para tratar de responder a ello: *“(...) entonces en esa reunión donde se presentó eso. En lo que*

se quedó era que se iba a presentar la información cualitativa de tal manera que, como que se hicieran acuerdos con el par cuanti, como le sirviera mejor al cuanti; entonces ya no era la matriz inicial, ni tampoco la última, sino como mejor se pudiera” (Entrevista G). Sin embargo, las condiciones de estrés y sobrecarga, que se describirán posteriormente, sin duda incidieron en estas posibilidades, que han sido más prolijas en escenarios como los informes y boletines técnicos del ONS, los *Policy Brief*, los artículos científicos y otros desarrollos del equipo.

Si bien pueden existir oportunidades de mejora en la articulación entre los dos tipos de aproximaciones, la cualitativa y la cuantitativa, es importante tener en cuenta lo que la misma naturaleza de la modelación permite y lo exigente que puede llegar ser en términos de la integración de elementos de otro tipo de análisis. Agregado a lo anterior, desde la perspectiva de profesionales cuantitativos y reconociendo las condiciones en las que se desarrolla la tarea, se manifestó la relevancia de los aportes de sus pares cualitativos como ampliación del alcance de la modelación de COVID-19, en aras de la comprensión del comportamiento de la enfermedad en los diferentes territorios: *“(...) los análisis que han venido haciendo el grupo cualitativo quizás con un tiempo mayor, sin tanta premura en la entrega de los resultados, también es un complemento importante para poder observar la pandemia desde diferentes puntos de vista” (Entrevista I).*

Diálogos a otro nivel: Incidencia, utilidad y alcance de los modelos para la toma de decisiones

Cuando la incertidumbre era casi total, el conocer los resultados de este y otros ejercicios de modelación, les dio a los tomadores de decisión un panorama aproximado de la situación próxima. Lo anterior gracias a los resultados de los modelos en combinación con opiniones de expertos, las decisiones tomadas en otros países donde los brotes empezaron primero y la evidencia científica que surgía. Así, en Colombia se tomaron decisiones, las cuales vistas en retrospectiva pudieron haber sido mejor ejecutadas, pero la apremiante situación limitó mucho la capacidad de evaluación y la previsión de los efectos colaterales de las distintas medidas, v.g. las cuarentenas.

Así mismo, no es fácil compartir la información de estos modelos, que son meramente matemáticos y no captan la realidad completa de una situación tan desafiante y con múltiples factores que la atraviesan. El ONS se apalancó en su experiencia para compartir los resultados a la ciudadanía y tomadores de decisiones en formatos accesibles. Sin embargo, arriesgó su credibilidad y prestigio al presentar datos que a la mirada de externos parecían imposibles y podían generar desconfianza sobre

la calidad, utilidad y veracidad del modelo (11). De todas formas, las proyecciones fueron ampliamente utilizadas, en especial en los primeros meses, incluso hicieron parte de la justificación de la declaración de emergencia en el país, además no resultaron siendo exageradas pues se correspondieron de manera cercana con los hechos vividos.

“(…) cuando se presentan las primeras estimaciones que hablaban de 200.000 muertes les pareció una exageración a todas luces, que cómo a alguien se le ocurría decir que iba a haber las mismas muertes que ocurren al año en el país por todas las causas juntas, atribuibles a un virus nuevo” (Entrevista B).

Del mismo modo, permanece una discusión con respecto a la representatividad de los modelos matemáticos de epidemias como insumo para la toma de decisiones, pues si bien son útiles para proyectar escenarios futuros y proveer respuestas razonables a problemas en salud pública (2), su naturaleza matemática requiere que simplifiquen la realidad que intentan proyectar, excluyendo aspectos importantes a la hora de decidir.

“(…) los modelos están limitados a contar el número de casos y, bueno, eso sería lo ideal, pero claramente hay otros valores que no captura, otras racionalidades que no captura, que ni siquiera lo puede incluir y que puede ser muy determinante a la hora de si se toma o no una decisión” (Entrevista B).

Cabe decir que la riqueza de estas herramientas consiste en ayudar a prever situaciones verosímiles durante los brotes, pero las decisiones acaecidas sobre cómo actuar son eminentemente políticas (12) ya que los tomadores de decisiones, considerando las diferentes variables y fuentes de información a las que tengan acceso, definen cómo abordar el escenario proyectado. El ONS entabló relaciones de colaboración con otras instituciones y equipos de modelado, sin embargo, esta colaboración no fue tan profunda como para alcanzar el desarrollo de modelos conjuntos. Los modeladores expertos del ONS establecieron espacios de trabajo y deliberación con modeladores extranjeros y locales.

Con los equipos locales existieron divergencias en los resultados que arrojaban metodologías distintas,



“(…) había unas discusiones (…) alrededor de abril del año pasado, que era como que, “si el R está entre tal valor y tal valor hay cuarentena sino no”, entonces Bogotá decía es que el R ya estaba en ese valor y país decía el R está más bajito. (…) diferentes metodologías van a dar diferentes números” (Entrevista J). Por lo anterior el ONS optó por generar los resultados de la forma más objetiva posible, aclarando los supuestos y limitaciones de los modelos para que la toma de las mejores decisiones estuviese en manos de quienes les competía.

“(…) la decisión pasaba un margen de que no fuera técnica si no fuera más en el lado político (…) entonces el modelo decía: claro si ustedes bloquean acá listo se les van a reducir tanto los casos, si ustedes siguen totea; pero ahí va la pregunta ¿morir de COVID o morir de hambre? que era como lo planteaban muchos noticieros, eso no es una discusión técnica esa es una discusión política” (Entrevista J).

Al final, los modelos del ONS han cumplido su objetivo de dotar de información de la mayor calidad posible a quienes se encargan de tomar las decisiones, lo que ratifica el riesgo, el sacrificio y la entrega que han tenido todas las personas al interior del ONS y que en mayor o menor medida han estado detrás de estos modelos.

“La situación se ve horrible no hay que negarlo, pero es que uno no se puede imaginar qué tan feo hubiera sido si por ejemplo las cuarentenas no se hubieran hecho” (Entrevista J).

Implicaciones de la virtualidad laboral para el equipo del ONS

Como en buena parte de la población, para el ONS uno de los cambios más sensibles y evidentes fue trabajar desde casa con el fin de disminuir el riesgo del contagio: *“(…) recuerdo que hubo gente que cuando empezó la cuarentena en el país y todo el tema del aislamiento se fue de la oficina y muchos dejamos cosas, entonces creo que también (…) los cambios de las dinámicas fueron muy sorprendidos y fueron muy emocionales para muchos y para muchas” (Entrevista N).* Lo virtual fue el punto de partida de la transformación de las dinámicas de interacción, así como de las rutinas colectivas del equipo del ONS y de cada uno de sus integrantes.

El contacto persona a persona, clave tanto para la coordinación de tareas como en la cohesión del equipo, fue reemplazado por llamadas telefónicas, reuniones virtuales, comunicaciones de correo electrónico o mensajería instantánea: *“Digamos acá más el reto fue el trabajo virtual (…) porque hay poca interacción con la gente, o sea, en la interacción directa habían espacios de camaradería pues que al final creaban, fortalecían al equipo y que uno podía estar hablando de cualquier cosa (...), pero al final lo que hacía*

era conectar con la gente, eso finalmente es fundamental a la hora de trabajar en equipo, acá no, acá cada uno estaba en su casa con el trabajo y estas pantallas malucas” (Entrevista B).

A pesar de estos cambios, el trabajo en casa no fue un obstáculo para el modelado y la respuesta a la emergencia desde el ONS. La virtualidad fue determinando unas condiciones ideales al momento de dar cuenta de “lo laboral” con total disponibilidad y compromiso, en algunos casos con una ausencia de límites de horario cuanto se trataba de atender a las solicitudes enviadas: *“(…) la carga sí se ha aumentado un montón, o sea y aquí en teletrabajo yo creo que uno (…) o yo no he sido capaz de limitar los espacios, o sea el horario laboral” (Entrevista D).* Esa ausencia de rutinas propias de la oficina y la situación coyuntural por la emergencia, aportaron al aumento de trabajo para buena parte de los miembros del equipo:

“(…) si de pronto hubiera estado trabajando, yendo a la oficina, pues esta carga no la hubiéramos tenido, porque esto de estar en casa ha implicado que uno esté como trabajando todo el tiempo, entonces hay una tranquilidad en cierto sentido y es evitar más riesgo de contagio (…) a veces sí, uno trabajaba algo más o los sábados, pero es que esto acá ha sido exceso” (Entrevista F).

El aumento en el volumen de trabajo y sus consecuencias fueron reconocidos por varios de los integrantes del equipo, *“yo en un momento dije “yo me voy”, porque para mí trabajar bajo presión es duro” (Entrevista H).* El ONS tuvo que atender a múltiples solicitudes de información asociadas con el modelado, las cuales llegaban en cualquier momento y por lo general con carácter urgente. Estas se gestionaban a través de los integrantes del ONS a cargo del modelo inicial, ya saturados con las tareas asociadas con el proceso mismo, lo cual hizo que su situación fuera sin duda distinta a quienes aportaron al monitoreo de los territorios desde la búsqueda de información cualitativa: *“(…) me parece que las cargas eran un poco desiguales, pero no había otra forma de equiparar las cargas, porque lo que se necesitaba en ese momento eran estimaciones” (Entrevista I).*

Pero acceder a esta dinámica, con un ritmo de trabajo sostenido y situaciones de estrés importantes, era motivado entre otros aspectos por el sentido social que subyace en los trabajos que realiza el ONS y la confianza en que lo que se estaba haciendo era de utilidad para el manejo de la emergencia: *“llegó el momento en que ya uno se sentía como un poco agotado también, de tanto requerimiento, al mismo tiempo ese deseo de ayudar, de saber que lo que uno estaba haciendo estaba sirviendo para algo” (Entrevista I).*

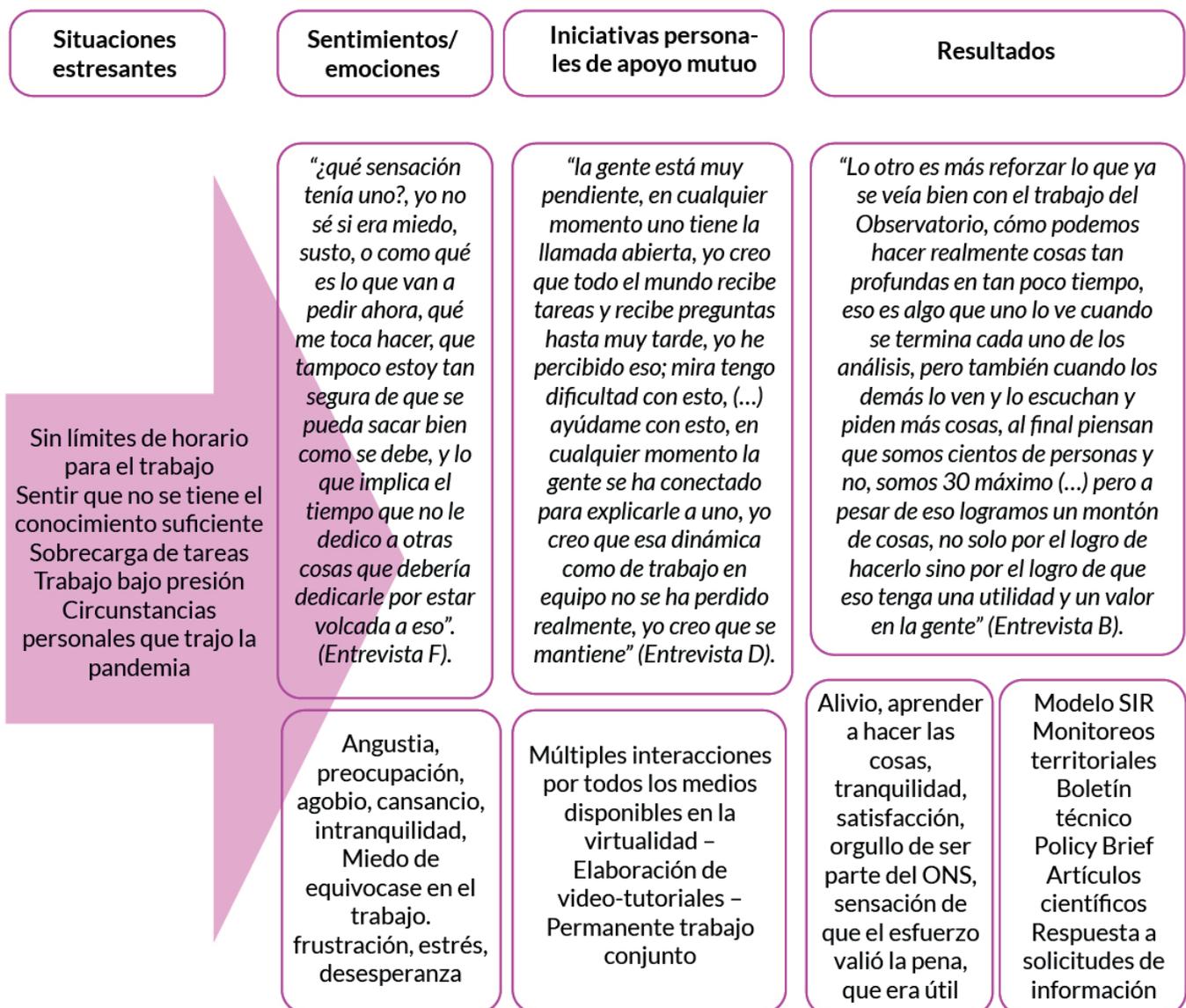
Consecuencias en la salud mental del equipo: entre todos nos colaboramos

Ante la carga laboral que asumió el equipo aumentó el nivel de agotamiento, así como un estado de estrés permanente, malestar, fatiga, ansiedad, miedo y desesperación: “(...) creo que fue bastante llanto de mi parte obviamente, bastante llanto, como que yo decía no, no, no, o sea esto es una carga excesiva, pero pues no es solo para mí fue para todos, para todos fue una carga muy compleja” (Entrevista H). Dadas estas circunstancias tan extremas y no teniendo otras alternativas, se originaron acciones particulares que aportaron a disminuir un poco los efectos negativos de esas situaciones estresantes y también a favorecer el cumplimiento con rigor de las

múltiples tareas encomendadas, tales acciones se dieron por iniciativa personal de los profesionales.

Como se puede apreciar en el gráfico 3, estas acciones partieron de la esfera personal más que de la institucional y aportaron de manera simultánea en: la consecución de resultados relevantes para el manejo de la emergencia sanitaria; en la apropiación de conocimientos, procesos y procedimientos asociados al modelado; y en que las personas experimentaran algo de alivio en su estado de ánimo: “(...) pero como que ya después uno termina aprendiendo a hacer las cosas y después de errores uno aprende, entonces como que ya me tranquilizaba más corriendo los modelos” (Entrevista H).

Gráfico 3. Dinámica en torno a las acciones de apoyo mutuo en el equipo cuantitativo del ONS



3. Aprendizajes y recomendaciones

El ONS hace bien su trabajo: La confianza depositada en las estimaciones del ONS demuestra que hay una credibilidad importante en este y en el INS, lo que sugiere que en el recorrido desde su creación ha hecho un buen trabajo y ha impactado positivamente en la sociedad y la salud pública colombiana. El papel ocupado en esta emergencia lo ha hecho más visible para la ciudadanía, la academia y los tomadores de decisiones y estos sectores confían en que el proyecto investigativo que emprenda siempre será riguroso y objetivo.

A la investigación en salud pública le favorece la interdisciplinariedad: El equipo ONS es interdisciplinario, pero la experiencia demostró que el trabajo colaborativo con expertos de otras áreas puede nutrir desarrollos e investigaciones muy especializadas que, conciliadas y armonizadas bajo una mirada integradora, serían de gran utilidad para la salud pública nacional. Además, la interacción entre perfiles cualitativos y cuantitativos aporta y enriquece los referidos desarrollos y pone en evidencia la necesidad de un intercambio más continuo en el marco de futuras investigaciones.

Favorecer la construcción de diálogos de saberes en el ONS: Quedó en evidencia la necesidad de fortalecer el intercambio de saberes entre perfiles cuantitativos y cualitativos en el equipo. Se reconoce la importancia de la información de contexto para la modelación, sin embargo, por las mismas condiciones ya descritas del manejo de los tiempos y de las altas demandas de trabajo no fue propicio generar encuentros que clarificaran cómo dichos insumos podrían ser más útiles.

El diálogo en primera instancia podría ser para conocer más al otro, a su trabajo, las herramientas con las que desarrolla sus investigaciones, sus intereses y, pensando en oportunidades futuras en las que sea imperiosa la labor conjunta, se cuente con un acervo que facilite la interacción, haya cercanía y tranquilidad de indagar a los otros aquello que no sea claro, que se necesite o quiera saber. Finalmente, el diálogo de saberes podría incidir también en el tipo de trabajo que realiza cada integrante del equipo y cómo se siente frente a la calidad y pertinencia de sus aportes.

Los modelos matemáticos para la toma de decisiones: Estos modelos son herramientas valiosas al momento de proyectar escenarios posibles del curso de enfermedades infecciosas que generan incertidumbre. El ONS se adentró en esta temática, obteniendo buenos resultados y adquiriendo capacidades que le permiten interlocutar con otros equipos de trabajo con el fin de preparar y

prevenir escenarios emergentes. Así mismo, reafirmó su posición como generador de conocimiento para la toma de decisiones en salud pública, entendiendo que reconocer la diversidad de metodologías, sopesar las limitaciones en el acceso a datos de alta calidad, explicitar los supuestos, asunciones y limitaciones, mejoran la imagen y credibilidad que pueda tener frente a la ciudadanía, la academia y el sector público encargado de tomar decisiones en salud.

Es factible el trabajo en casa: Los integrantes del ONS descubrieron y experimentaron las implicaciones del trabajo en casa e identificaron que no siempre es necesaria la presencialidad. Además, trabajar de manera remota ofreció ventajas en ámbitos personales, mantenerlo seguiría contribuyendo a promover la salud mental y la calidad de vida de los miembros del ONS y de sus familias: “La posibilidad por ejemplo de teletrabajar para mí es algo bastante importante (...) sobre todo ahora que soy mamá es un tiempo (...) que uno necesita para estar con los pequeños (...) hay muchas actividades que fácilmente podemos trabajarlas desde casa” (Entrevista A). No obstante, hay aspectos que escapan del control del ONS, pero que valdría la pena poner en diálogo en aras de evitar situaciones como las vividas por el equipo tras la experiencia del modelado por la sobrecarga laboral, el trabajo bajo presión y con límites de tiempo difusos.

El cuidado de la salud mental debe ser prioritario: Los recursos personales para afrontar situaciones como las ya descritas son relevantes. Las iniciativas de apoyo mutuo que nacieron de los integrantes del equipo fueron clave para el desarrollo de las tareas y aportar de cierta manera a su propia calma. Sin embargo, hay que tener en cuenta que para soportar la situación de estrés y de alta demanda que se vivió es necesario contar con iniciativas que partan de la institucionalidad y permitan que en situaciones similares se salvaguarde la calidad de vida de las personas en aras de generar ambientes propicios de trabajo, que favorezcan la consecución de los resultados esperados.

La experiencia ha sido enriquecedora y retadora para esta dirección técnica del INS: Desde lo institucional, se asocia a la consolidación de modelos matemáticos verosímiles, la configuración de equipos interdisciplinarios, al mantenimiento de ritmos de trabajo a la distancia sin preparación previa, al desarrollo de herramientas y a la comunicación de información para la toma de decisiones en medio de la emergencia. No obstante, también lo ha sido desde el plano individual y humano, que atañe a todos los colaboradores del ONS, llegando a requerir que estas personas antepusieran su trabajo y su entrega profesional a aspectos individuales e íntimos como el

descanso, el tiempo en familia, la tranquilidad e incluso su propia salud, una paradoja, tratándose, en gran proporción, de profesionales de la salud.

Recomendaciones

- Procurar documentar y registrar las decisiones metodológicas, reuniones y procesos abordados en futuros ejercicios, aún en contextos de emergencia.
- Mantener el uso y práctica de las capacidades adquiridas en torno a la modelación, acercando los resultados a

- grupos interesados en el modelamiento de epidemias.
- Establecer estrategias que nutran el trabajo interdisciplinario con un enfoque integrador de saberes y enfoques cualitativo-cuantitativo.
- Evaluar posibilidades de establecer trabajo en casa, alternante o permanente en épocas de normalidad, para prevenir choques e improvisaciones en escenarios similares futuros.
- Priorizar la renovación y adquisición de tecnología que permita ejercicios y desarrollos desde la institución sin requerir ayudas externas.



Referencias

1. Observatorio Nacional de Salud - Instituto Nacional de Salud. Estimación del número reproductivo efectivo de la transmisión del COVID-19 en Colombia [Internet]. Bogotá D.C.; 2020. Available from: [https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Historico_Rt/Estimación del número reproductivo efectivo de la transmisión del Covid-19 en Colombia.pdf](https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Historico_Rt/Estimación%20del%20número%20reproductivo%20efectivo%20de%20la%20transmisión%20del%20Covid-19%20en%20Colombia.pdf)
2. Observatorio Nacional de Salud - Instituto Nacional de Salud. Informe 12: COVID-19 en Colombia, consecuencias de una pandemia en desarrollo [Internet]. Bogotá D.C.; 2020. Available from: [https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/12COVID-19 en Colombia, pandemia en desarrollo.pdf](https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/12COVID-19%20en%20Colombia,%20pandemia%20en%20desarrollo.pdf)
3. Jara-Holliday O. La sistematización de experiencias, práctica y teoría para otros mundos posibles. Primera. Vol. 9, Revista de Extensión Universitaria. Bogotá, Colombia: Centro Internacional de Educación y Desarrollo Humano - CINDE; 2018. 260 p.
4. Jara Holliday O. Orientaciones teórico-prácticas para la sistematización de experiencias [Internet]. San José de Costa Rica; 2011. Available from: http://centroderecursos.alboan.org/ebooks/0000/0788/6_JAR_ORI.pdf
5. Jara-Holliday O. La Concepción Metodológica Dialéctica, los Métodos y las Técnicas Participativas en la Educación Popular. CEP Centro de Estudios y Publicaciones Alforja. San José de Costa Rica: CEP Centro de Estudios y Publicaciones Alforja; 2017. p. 28.
6. Congreso de la república de Colombia. Ley 1438 de 2011. Reforma del Sistema General del Seguridad Social en Salud [Internet]. Colombia; 2011 p. 24. Available from: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/ Normatividad/ley1438de2011.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normatividad/ley1438de2011.pdf)
7. Castañeda-Orjuela C. Observatorio Nacional de Salud: gestión del conocimiento en salud para la toma de decisiones informadas. *El Biomedica*. 2014;34(3):323-5.
8. World Health Organization (WHO). Cronología de la respuesta de la OMS a la COVID-19 [Internet]. 2021 [cited 2021 Jun 17]. Available from: <https://www.who.int/es/news/item/29-06-2020-covidtimeline>
9. BBC News Mundo. Coronavirus: por qué covid-19 se llama así y cómo se nombran los virus y las enfermedades infecciosas [Internet]. 2020 [cited 2021 Sep 27]. Available from: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51912089>
10. World Health Organization (WHO). Los nombres de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) y del virus que la causa [Internet]. 2020 [cited 2021 Sep 27]. Available from: [https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-\(covid-2019\)-and-the-virus-that-causes-it](https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes-it)
11. Narváez J, Cotes-cantillo K, Castañeda-Orjuela C. Los modelos matemáticos de epidemias. Aunque no son la cura, ayudan. Bogotá, Colombia: Observatorio Nacional de Salud; 2021.
12. Sridhar D, Majumder MS. Modelling the pandemic. *BMJ* [Internet]. 2020;369(April):2-3. Available from: <http://dx.doi.org/doi:10.1136/bmj.m1567>