



SOBRE EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE SOPORTE DE DECISIÓN PARA ENFRENTAR LA PANDEMIA DE SARS-COVID-19

BRUNO O. SÁNCHEZ¹ – JUAN B. CABRAL^{2,3} – DANTE PAZ^{3,9} – NADIA A. LUCZYWO^{5,6,7} – VANESSA DAZA^{3,4}
– CAROLINA FLORES^{5,6} – MARCELO LARES^{3,9} – RODRIGO QUIROGA⁸ – FEDERICO STASYSZYN^{3,9}

Department of Physics, Duke University¹
Centro Franco Argentino de Ciencias de la Información y de Sistemas (CIFASIS, UNR)²
Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE, CONICET-UNC)³
Facultad de Matemática Astronomía Física y Computación (FaMAF, UNC)⁴
Facultad de Ciencias de la Administración (CRUC – IUA, Universidad de la Defensa Nacional)⁵
Facultad de Ciencias Económicas (FCE, UNC)⁶
Laboratorio de Ingeniería y Mantenimiento Industrial (LIMI, FCEfYN-UNC)⁷
Instituto de Investigaciones en Físico-Química de Córdoba (INFIQC, CONICET)⁸
Observatorio Astronómico de Córdoba (UNC)⁹

*bruno.sanchez@duke.edu – jbcabral@unc.edu.ar – dpaz@unc.edu.ar – nluczywo@iua.edu.ar –
vanessa.daza@unc.edu.ar – lflores@iua.edu.ar – marcelo.lares@unc.edu.ar – rquiroga@fcq.unc.edu.ar –
fstasyszyn@unc.edu.ar*

RESUMEN

La descripción de la transmisión de un virus, el seguimiento del número de contagios, son métricas fundamentales en la situación de pandemia. Con SARS-COVID-19 el sistema de salud corre el riesgo de colapsar, y que el personal de salud no pueda registrar información correctamente dada sus responsabilidades de atención sanitaria. A los retrasos anteriores, pueden sumarse ineficiencias en las etapas de validación y organización de información por parte de las autoridades que retrasan aún más la toma de decisiones. Se presenta una serie de herramientas para soportar decisiones, que integra desde la adquisición y ordenamiento de datos hasta la generación de modelos epidemiológicos para la predicción.

Palabras Clave: SOPORTE A LA DECISIÓN – SARS-COVID-19 – HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS – SISTEMAS DE SALUD

ABSTRACT

The description of the transmission of a virus, the monitoring of the number of infections, are fundamental metrics in the pandemic situation. With SARS-COVID-19, the health system runs the risk of collapse, and that health personnel may not be able to record information correctly given their health care responsibilities. To the previous delays, inefficiencies can be added in the stages of validation and organization of the information by the authorities that further delay decision-making. A series of tools to support decisions is presented, which integrates from the acquisition and ordering of data to the generation of epidemiological models for prediction.

Key Words: DECISION SUPPORT - SARS-COVID-19 - SOFTWARE TOOLS - HEALTH SYSTEMS



1. INTRODUCCIÓN

Con la rápida expansión a nivel mundial del COVID-19 y su declaración como pandemia, resulta evidente que es crítica la respuesta de los sistemas de salud, tanto a nivel global como en los diferentes países (W.H.S., 2020; Remuzzi & Remuzzi 2020). Hay evidencias de la enorme presión sobre los sistemas de salud en aquellas naciones donde se ha extendido ampliamente la enfermedad provocada por el coronavirus (Welt, *et. al.* 2020), y las medidas tomadas por los gobiernos para frenar el crecimiento vertiginoso de la cantidad de infectados buscan mitigar los efectos del virus en la salud de la población y en el sistema de salud.

La pronta y eficaz respuesta ante la pandemia seguramente requiera una reorganización del sistema de salud (Di Saverio, *et. al.* 2020), lo cual no es una tarea sencilla y es un proceso que debe enfrentar enormes dificultades. Sólo por mencionar algunas, se encuentra que las estrategias usadas en la pandemia de influenza no se pueden extrapolar puesto que tienen una morbilidad diferente, existe información incompleta sobre el comportamiento del virus e, incluso, no se esperan vacunas o agentes de tratamiento específicos en el futuro cercano (Huh, *et. al.* 2020).

La literatura especializada alienta a las autoridades competentes y las partes interesadas de los países a tomar medidas urgentes (Abir, *et. al.* 2020). Entre tales medidas, el monitoreo y evaluación de la situación de cada país respecto al COVID-19 es crucial para determinar la eficacia de las estrategias de mitigación y la adecuada planificación de las necesidades de atención médica (Verity, *et. al.* 2020).

Argentina y la provincia de Córdoba, están inmersas en este escenario donde las autoridades deben tomar decisiones urgentes de amplia discrecionalidad (Lin et al. 2020), caracterizadas por una alta incertidumbre (MacLaren, *et. al.* 2020) para la gestión de la pandemia. Es decir, las autoridades competentes necesitan tomar decisiones rápidas y sustentables apoyadas en la información disponible que favorezcan la resiliencia de los sistemas de salud.

Entonces, para atender los requerimientos para la gestión de la salud se precisan herramientas de soporte a los planes de acción adoptados por las autoridades, que favorezcan el flujo de la información lograda a todos los niveles de manera oportuna (Legido-Quigley, *et. al.* 2020) y facilitada mediante tecnologías digitales (Renda & Castro 2020). En este marco, se persigue el objetivo de facilitar los procesos de soporte a la decisión para aumentar la efectividad y confiabilidad de la respuesta ante la pandemia de COVID-19 mediante el diseño, ejecución y la adaptación de modelos matemáticos y herramientas de software que simplifiquen la recolección, el resumen, el análisis y el reporte de datos.

2. METODOLOGÍA

Para lograr contacto con las necesidades producidas durante esta pandemia se realizaron entrevistas personales con el Comité de Organización de Emergencia (COE) de la provincia de Córdoba, los cuales plantearon dos necesidades fundamentales:

1. Carga de datos: La carga de datos de casos desde múltiples nosocomios, y la integración necesaria en una única base común para posibilitar la planificación de estrategias para enfrentar la pandemia. Asimismo, existía una necesidad de facilitar la corrección de los datos que tuvieran errores.
2. Modelos epidemiológicos: La herramienta más importante para las pandemias son los modelos predictivos, que estiman el comportamiento del crecimiento de



enfermos y fallecimientos. Estas herramientas tienen que ser calibradas con datos locales para la correcta interpretación por parte de los expertos.

Establecidas las prioridades se realizaron relevamientos sobre los diferentes modelos disponibles, y se decidió utilizar los llamados modelos epidemiológicos compartimentales. Entre ellos, el modelo SEIR (Susceptible - Enfermo - Infectado - Recuperados) tiene implementaciones de software de libre acceso para su uso y modificación.

Una vez determinados los modelos a utilizar, se evidenció la necesidad de contar con datos reales para calibrar estos modelos. Si bien el grupo poseía un contacto directo con el COE y asesores, los datos de pacientes tienen protecciones éticas y legales que restringen el acceso. Por esto se optó por relevar datos de diferentes países así como comenzar la confección de una base de datos curada local basada en los datos públicos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrollaron las siguientes herramientas:

- *Brooks*, que está en fase de prueba y es capaz de acelerar la carga de datos, crear una base de datos curada de casos por provincia, y elaborar informes diarios de manera ágil a partir de la base de datos. Esta herramienta de software libre permite la carga rápida de datos epidemiológicos desde planillas de cálculo. Está diseñada para tolerar errores y datos duplicados identificándose con relativa facilidad, disminuyendo el tiempo dedicado a estas tareas por el personal sanitario. *Brooks* también está diseñado para integrar las funcionalidades de los otros productos que se describen a continuación y se encuentra disponible en <https://github.com/ivco19/brooks>.
- Repositorio de información sobre los casos de contagios, recuperaciones y decesos producidos por el virus. El mismo se actualiza diariamente en base a los informes del Ministerio y se corrige de acuerdo a las enmiendas en los datos oficiales. La base de datos está disponible en: <http://tiny.cc/nvcpmz>. Está registrada con DOI: 10.13140/RG.2.2.22519.78246 y se puede acceder de manera libre y gratuita.
- Una librería python para la manipulación y visualización de los datos recuperados por provincia y para toda la nación. Actualmente la librería se conecta con la base de datos y es de código abierto. Está publicada en el repositorio de python (<https://pypi.org/project/arcovid19/>).
- Creación y análisis de modelos epidemiológicos de acceso libre en repositorios públicos y abiertos. El producto es <https://epacalc-arg.now.sh/>, que implementa un modelo SEIR, sub-compartimentado en: Infectados que desarrollan la forma leve de la enfermedad, Infectados graves en internación hospitalaria, Infectados graves en su casa, Recuperados de la forma leve, Recuperados de la forma grave y Fallecidos por la enfermedad. Usando la interfase se pueden variar interactivamente parámetros de la dinámica poblacional, tales como el tamaño, el número de infecciones iniciales, el número de expuestos iniciales, el ritmo reproductivo básico (R_0), el tiempo de incubación, el período infeccioso, el tiempo de intervención (día en el que se instaura la cuarentena), la variación de R_0 durante la intervención, R_0 al salir de la cuarentena, y el tiempo promedio de retardo entre que se confirma una infección y ésta es activa. Asimismo, la interfase de usuario permite variar parámetros de la dinámica clínica, tales como la tasa de mortalidad, el tiempo desde el final de la incubación al deceso, la duración de la estadía en el hospital, el tiempo de recuperación para casos leves, la tasa de hospitalización y el tiempo de hospitalización. Al presente se dispone de dos implementaciones, una que permite realizar ajustes del modelo con cualquier



conjunto de datos reales, y uno implementado en una interfaz web que permite que el usuario pueda variar los parámetros clínicos y epidemiológicos y comparar con los datos globales. La implementación web tiene como objetivo brindar al personal de los servicios de salud y al público en general una visualización interactiva de la evolución cualitativa de la dinámica de la epidemia. Esto ayuda a entender el impacto de los diferentes parámetros en el número de personas afectadas para un determinado escenario. La pantalla inicial muestra un modelo aproximado que explica el comportamiento del número de contagios, tomando los datos actualizados de la base de datos. A partir de esta herramienta se desarrolló una implementación para Córdoba en colaboración con Mario Lamfri y Exequiel Aguirre de la Unidad de Emergencias y Alertas Tempranas de CONAE, y María del Pilar Díaz de la Facultad de Ciencias Médicas (UNC), la cual se facilita para el uso exclusivo del comité asesor de científicos del COE para ayudar con el análisis de los datos de la epidemia en la provincia.

4. CONCLUSIONES

Se desarrollaron una serie de herramientas para su uso en la actual pandemia. Entre ellos se encuentran una base de datos con información respecto a la cantidad de pacientes en las provincias argentinas, software para la manipulación de la misma; una calculadora epidemiológica basada en el modelo SEIR, y una herramienta de carga de datos capaz de centralizar información de distintos nosocomios.

La experiencia de llevar adelante este proyecto fue muy fructífera, produciendo beneficios provechosos con un valor añadido para la sociedad, por lo expuesto anteriormente y además porque éste ha destacado por su carácter interdisciplinario involucrando físicos, astrónomos, ingenieros, administradores y biotecnólogos; esta diversidad de perfiles sirvió para desarrollar un conjunto de herramientas con solidez metodológica (cuestiones de diseño y costo del trabajo) y formal (cuestiones matemáticas y algorítmicas). Cabe aclarar que los distintos componentes fueron finalizados con diferentes grados de éxito: por ejemplo la base de datos fue dejada de mantener a medida que se consiguieron mejores alternativas desarrolladas por otros grupos, y no se justificaba el esfuerzo de la carga de datos a medida que los contagios se multiplicaban, otro caso fue el del proyecto de carga rápida de datos, sobre el cual el COE simplemente prefirió un desarrollo interno. Finalmente, la calculadora de modelos compartimentales es frecuentemente utilizada por los epidemiólogos para sus análisis internos.

5. REFERENCIAS

- ABIR, M., NELSON, C., CHAN, E. W., AL-IBRAHIM, H., CUTTER, C., PATEL, K., & BOGART, A. (2020). Critical Care Surge Response Strategies for the 2020 COVID-19 Outbreak in the United States.
- DI SAVERIO, S., PATA, F., GALLO, G., CARRANO, F., SCORZA, A., SILERI, P., ... & PELLINO, G. (2020). Coronavirus pandemic and Colorectal surgery: practical advice based on the Italian experience. *Colorectal Disease*.
- HUH, K., SHIN, H. S., & PECK, K. R. (2020). Emergent Strategies for the Next Phase of COVID-19. *Infection & Chemotherapy*, 52(1), pp. 105-109.
- LEGIDO-QUIGLEY, H., MATEOS-GARCÍA, J. T., CAMPOS, V. R., GEA-SÁNCHEZ, M., MUNTANER, C., & MCKEE, M. (2020). The resilience of the Spanish health system against the COVID-19 pandemic. *The Lancet Public Health*.



- LIN, C. F., WU, C. H., & WU, C. F. (2020) Reimagining the Administrative State in Times of Global Health Crisis: An Anatomy of Taiwan's Regulatory Actions in Response to the COVID-19 Pandemic. *European Journal of Risk Regulation*, pp. 1-21.
- MACLAREN, G., FISHER, D., & BRODIE, D. (2020). Preparing for the most critically ill patients with COVID-19: the potential role of extracorporeal membrane oxygenation. *Jama*.
- REMUZZI, A., & REMUZZI, G. (2020). COVID-19 and Italy: what next?. *The Lancet*.
- Telles, C. R. (2020). COVID-19, an overview about the epidemic virus behavior.
- RENDÁ, A., & CASTRO, R. J. (2020). Chronicle of a Pandemic Foretold. CEPS Policy Insights No 2020-05/March 2020.
- Verity, R., Okell, L. C., Dorigatti, I., Winskill, P., Whittaker, C., Imai, N., ... & Dighe, A. (2020). Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis. *The Lancet Infectious Diseases*.
- Welt, F. G., Shah, P. B., Aronow, H. D., Bortnick, A. E., Henry, T. D., Sherwood, M. W., ... & Kirtane, A. J. (2020). Catheterization Laboratory Considerations During the Coronavirus (COVID-19) Pandemic: From ACC's Interventional Council and SCAI. *Journal of the American College of Cardiology*.
- World Health Organization. "Coronavirus disease 2019 (COVID-19): situation report, 67." (2020).