



Seguimiento de la Evolución Temporal del Coronavirus en San Juan

Impacto de la *Fase I* durante 15 días de *Distanciamiento Social Preventivo y Obligatorio* en la provincia

Dr. Ing. H. Daniel Patiño
Instituto de Automática, Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de San Juan
Av. Lib. San Martín, 1109 (O), 5400 San Juan
dpatino@inaut.unsj.edu.ar

El estimar la velocidad de contagios del Covid-19 es clave, tanto para medir la evolución temporal de la curva de infectados como para ajustar los modelos matemáticos que describen su desarrollo en el tiempo, como lo muestran nuestros trabajos de investigación y los de la comunidad de Control del brote de Covid-19 *desde un enfoque de la teoría de sistemas de control*, que es nuestro campo de conocimiento científico.

Como hemos probado y demostrado recientemente en nuestras investigaciones en modelación y simulación computacional, **existen fundamentalmente tres herramientas no farmacológicas efectivas para controlar el brote del Covid-19**: una herramienta, es el distanciamiento social; la otra es el confinamiento o cuarentena y la tercera el testeo masivo de la población.

El distanciamiento social tiene que ver con el empleo “correcto del barbijo, el uso de mascarillas”, el distanciamiento de por lo menos 2 metros de distancia entre personas y el evitar las reuniones en lugares cerrados de poca ventilación natural. **El confinamiento** tiene que ver con el aislamiento, evitando así la movilidad fuera del hogar, es la llamada cuarentena empleada por la humanidad desde la antigüedad para mitigar con las epidemias y pandemias. **El testeo** es un procedimiento moderno, en el cual se realiza un test a las personas para detectar a los infectados para luego ser aislados. Este procedimiento involucra contar con recursos humanos suficientes, recursos financieros para la obtención de insumos de reactivos, y la capacidad de los laboratorios para el procesamiento de una gran cantidad de test diarios, aspectos que por lo general, no pueden satisfacer los países emergentes por la cantidad diaria necesaria y apropiada de test por día que deben realizarse.

Estas estrategias no sólo ralentizan la velocidad de contagios, sino que aplicada por un tiempo suficiente es posible “*erradicar prácticamente el virus en esa población*” volviendo a centrarse principalmente en la contención, cosas que hemos probado en nuestros trabajos de simulación computacional y que de alguna manera han sido validados por las estrategias llevadas a cabo por países como Dinamarca, China, Uruguay, Paraguay, y provincias como La Pampa en nuestro país. Sin embargo, su eficiencia y efectividad depende de dos factores principales y fundamentales. Un factor relevante depende de tener un estado fuerte y un gobierno responsable en el manejo inteligente de la pandemia con medidas de prevención definiendo apropiadamente los períodos de tiempo de cada una de las Fases y realizando una cantidad “apropiada de testeos diarios”. Es el caso



de Alemania que sumó a las restricciones de movilidad un testeo masivo de su población, con más de 20.000 testeos diarios. Para tener efectividad en el control del brote usando de la estrategia del **Testeo**, y poder mantener una apertura de actividades casi plena, tendría que cumplirse: que del total de testeos diarios realizados debería dar aproximadamente un *5% de casos positivos*. Por ejemplo, si en una región del total de testeos diarios arroja que casi el 50% es positivo, mostraría una falta de capacidad recursos físicos y humanos para emplear esta herramienta de forma efectiva para la mitigación del virus. El testeo como una de las tres herramientas no farmacológica para controlar el brote del virus, sosteniendo una Fase IV o V de apertura, la región debe contar con suficientes recursos humanos calificados (o apropiadamente entrenados), con suficientes insumos y reactivos y disponer de laboratorios con la suficiente capacidad como para procesar más de 15000 a 20000 testeos diarios sostenidos en un período de al menos de 4 semanas; hace que esta herramienta sea prácticamente prohibitiva para los países emergentes.

El otro factor es el comportamiento social que puede acompañar el cumplimiento de dicha política o todo lo contrario. Probamos con evidencia científica y que es matemático: *más movilidad en la gente, más contagios; más contagiados más personas que requerirán atención médica; y de esos un porcentaje requerirá de una unidad de terapia intensiva con respirador asistido, estresando todo el sistema sanitario*. Esto como es de prever, si los brotes no son controlados, es decir no se sostiene dicho control en el tiempo, generará a la larga un colapso de la capacidad sanitaria y saturación de camas de terapia intensiva, y lamentablemente, muchas personas fallecerán por falta de atención médica, como se está produciendo en las provincias de Jujuy, Río Negro, Mendoza, Salta que están al límite de sus capacidades.

Probamos en nuestros trabajos que una cuarentena con **acción temprana de más de tres semanas** es clave y decisiva para frenar la velocidad de contagios, ganar tiempo para preparar el sistema sanitario y salvar vidas. Además, una apropiada e inteligente secuencia de apertura y cierre de fases no solo desplaza el pico de la curva de contagios sino que evita el colapso del sistema sanitario. Esta conclusión son los resultados arrojados de simulaciones computacionales que estamos enviando a un Congreso Científico del área para su publicación.

En los resultados recientes que hemos obtenido surge que **son necesario 25 días de sostenimiento en la Fase I al inicio del brote**. Eso permite llevar el índice de contagio, el famoso **Ro** en los modelos matemáticos y pronunciado tanto por los epidemiólogos, *por debajo de uno*. Este índice en general ha tomado valores entre 3 y 4.5 en países como Italia, China, Brasil y otros países. Eso significa que un infectado puede contagiar de entre 3 a 4 o 5 personas más, dándole una proyección geométrica al crecimiento de infectados. Más aún se han detectado **super contagiadores** llegando a contagiar hasta 8 personas. Esto es una de las características más relevante del Coronavirus respecto al comportamiento de los otros virus con los cuales convivimos, que por lo general tienen un R_0 por debajo de uno. Esa elevada tasa de contagios que tiene el Covid-19 hace que más del 20% de los infectados requieran de algún tipo de asistencia sanitaria, y de esos un 5% requerirá de una unidad de terapia intensiva. Y de los cuales un 2% requerirán además respiradores artificiales. Todo esto hace que en muy poco tiempo que colapsen los sistemas sanitarios no pudiendo atender toda la demanda de enfermos.



El Coronavirus tiene características que otros virus no tienen: Produce la saturación y colapso del sistema sanitario, haciendo que aumente la cantidad de fallecidos por falta de atención médica. Cansa, agota y angustia a todos los recursos humanos de salud y de seguridad. Hace que las personas mueran solas sin acompañamiento de sus seres queridos. Produce caos y desarmonización en los gobiernos, en el sistema de salud y los de seguridad. *También desnuda lo peor de una sociedad, la falta de solidaridad y fraternidad, su egoísmo, la valoración más de la libertad individual que por sobre el bien común, y la economía por sobre la salud y la vida.*

Además de continuar con las investigaciones sobre el control del brote del Covid-19 usando el distanciamiento social, el confinamiento y el testeo masivo como herramientas no farmacológicas para evitar el colapso del sistema sanitario y saturación de las camas de terapia intensiva, es que **monitoreamos la evolución de la pandemia del Coronavirus en la provincia de San Juan** a partir de los datos oficiales dados por el gobierno de la provincia. Observamos que un levantamiento apresurado de la Fase Uno, de sólo 14 días, sería insuficiente para “erradicar prácticamente el virus” y volver al estatus sanitario que tenía San Juan previo al brote en la Ciudad de Caucete. Los estudios de simulación muestran que se podría prácticamente erradicar la circulación si se extiende por al menos una semana más la Fase I, para luego iniciar una secuencia inteligente de apertura de diferentes actividades económicas y sociales. Trabajos en la misma línea de nuestros resultados son los del Dr. Robert Redfield, director de los Centros de Prevención de Enfermedades de E.E.U.U., quien publicó en el Journal of American Medical Association, de que si las personas de una región infectada emplearan estrictamente el distanciamiento social (involucrando al aislamiento o confinamiento) en **8 semanas** se podría erradicar el virus de esa región, **inclusive sobre la tierra.**

A continuación presentamos un infograma con varias curvas que muestran la evolución temporal del Covid-19 en San Juan a partir del primer brote en la Ciudad de Caucete durante el período de tiempo que ha durado la Fase I, teniendo en cuenta los datos oficiales. *Debe considerarse que las mismas representan una estima de las tendencias, dado que por cada infectado detectado existen en realidad entre 3-7 personas infectadas asintomáticas y con síntomas leves no detectadas, aun así son válidos.* Las mismas fueron realizadas con los datos del parte diario al día **04 de setiembre de 2020.**

En **Figura 1** siguiente se muestra la **velocidad de contagios** desde el día en que se detectaron los primeros infectados en la Ciudad de Caucete, observándose un descenso con una tendencia a continuar disminuyendo, indicando una desaceleración de la velocidad de nuevos casos de contagios por día. Las curvas de color rojo y negro son las tendencias de la velocidad de contagio.

En la **Figura 2** se muestra la cantidad de nuevos casos de infectados por días, observándose una tendencia a mantenerse en unos 20 contagios por días. En función del grado de apertura y movilidad en las próximas semanas, unos 10 días más, se podrá valorar si dicha tendencia se revierte debido al cambio de Fase. Si la movilidad crece, que de hecho existirá al pasar de la Fase I a la III, se observará un nuevo aumento de los nuevos casos. Las curvas de color rojo y negro indican las tendencias.

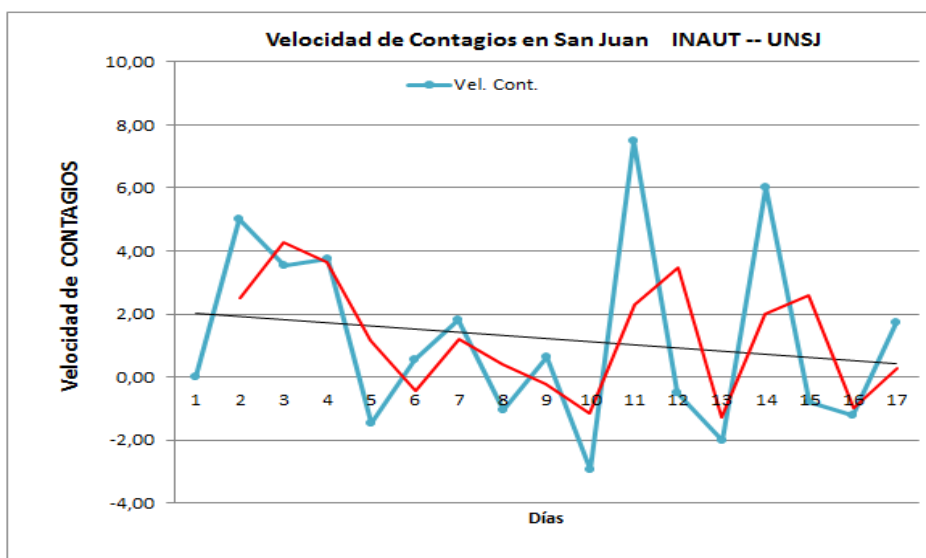


Figura 1. Velocidad de Contagios desde el inicio del Brote de Covid-19 en la Ciudad de Caucete.

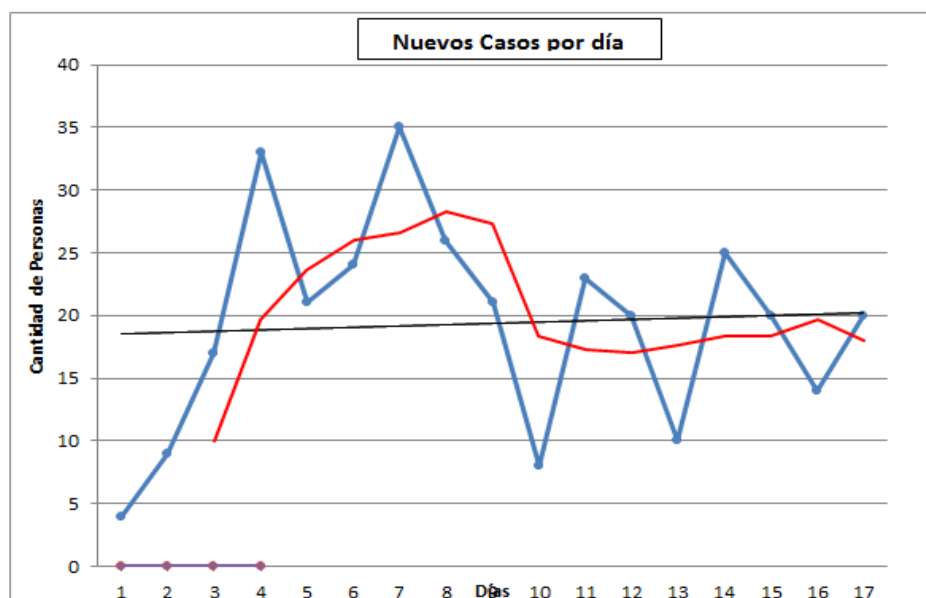


Figura 2. Nuevos casos de infectados detectados por día.

En la siguiente figura, **Figura 3**, se ve también el efecto positivo del impacto de la **Fase I** durante estos 15 días de aislamiento preventivo obligatorio, mostrándose una clara tendencia a la baja en este índice que considera la cantidad de fallecidos y la cantidad de nuevos casos. La curva roja marca la tendencia.

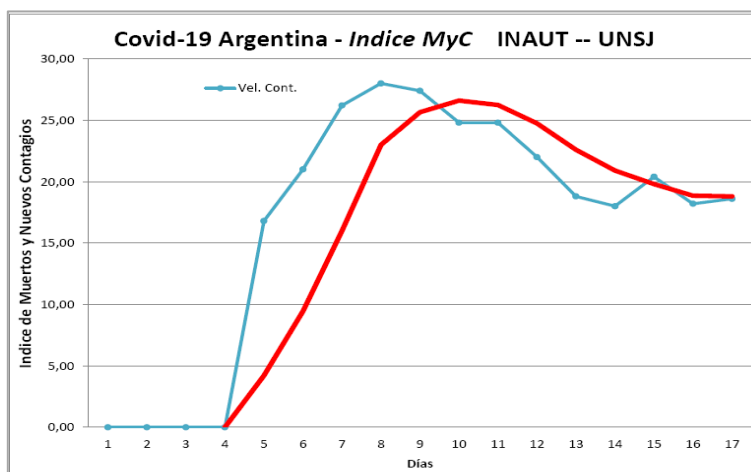


Figura 3. Índice de Fallecidos y Nuevos Casos “detectados” por día.

En la **Figura 4**, la gráfica más importante que hay que observar, muestra el valor estimado del **Ro**, **tasa de contagios del Covid-19 en San Juan**, el cual describe la intensidad y virulencia de la enfermedad infecciosa. Se observa una tendencia a disminuir pero con una leve estabilización en un valor de aproximadamente de 1.25. Como puede verse aún es insuficiente el valor alcanzado por el **Ro**, que con evidencia científica *debería de estar por debajo de uno*. Esto muestra que el tiempo en Fase I es insuficiente si se pretende aumentar la movilidad (léase apertura de actividades) pasando a Fases superiores. **Lo recomendable es que este índice Ro este por debajo de 1**, más recomendable **menor a 0.7**, para así poder “volver a un estatus similar al previo del brote”.

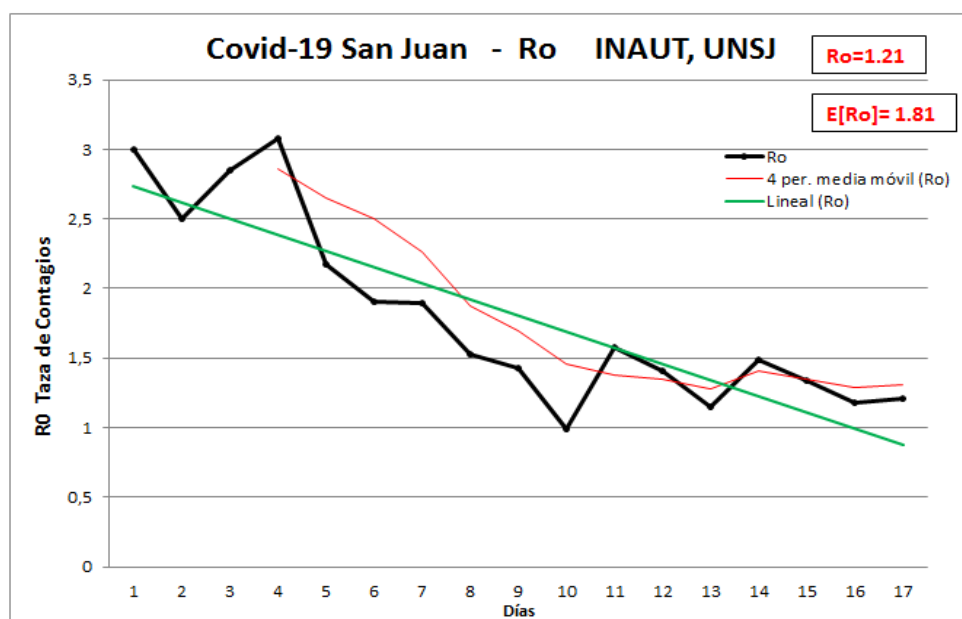


Figura 4. Ro, tasa de contagio estimada del Covid-19 en San Juan



Esta gráfica, **la Figura 4**, es la más importante pues es la que estima el valor del R_0 , tasa de contagios estimada del Covid-19 en San Juan, el cual describe la intensidad de propagación de esta enfermedad infecciosa por contagio. Se puede observar una tendencia a la baja estabilizándose en un valor de aproximadamente de 1.25. Puede notarse además que es aún un valor insuficiente al valor deseado, que como se dijo debería estar por debajo de uno, lo que demuestra que el tiempo de permanencia en la Fase I debería aumentarse, para así, poder llegar a un valor por debajo de 1, e idealmente menor a 0.7, para “volver a un estatus similar al previo del brote.

Una salida apresurada de la Fase I, con la apertura de actividades económicas y sociales producirá sin duda una mayor movilidad en las personas, con lo cual las curvas con *mucha probabilidad* comenzarán a revertir sus tendencias, pudiéndose “disparar” nuevamente el número de casos en el corto-mediano plazo. Esto probaría y demostraría el hecho de no haber sido suficiente el período de tiempo en Fase I para poder haber bajado el valor de R_0 por debajo de uno. En los próximos días seguramente las tendencias se mantendrán pero deberemos estar atentos a estos posibles cambios en las tendencias, los cuales se observarán dentro de unos 10 días al cambio de Fase. Sin embargo, son muy valiosos todos los esfuerzos y acciones que se han ido tomando y se siguen tomando en relación a continuar con la contención en los límites fronterizos de la provincial, el rastillaje, el aislamiento de conglomerados y la insistencia a que la gente tome conciencia y sea responsable de todas las medidas de distanciamiento, el uso apropiado del barbijo y la higiene personal.

Se suele hablar de volver a la normalidad, de planificar la pospandemia, de convivir con el virus, eso queda para otros lugares del planeta no para San Juan, lugares en los cuales ya han pasado lo peor, han transitado y pasado el famoso pico de contagios y que actualmente están en franco descenso de nuevos casos de infectados y de la cantidad de fallecidos. Se suele hablar también de mantener un equilibrio entre lo económico y la salud, sin embargo el comportamiento del Covid-19 produce todo lo contrario **cuando no se lo tiene bajo un control sostenido**, generando *desequilibrio y colapso*, como lo que está ocurriendo en varias provincias de nuestra Argentina. San Juan está en la etapa inicial de penetración de la pandemia. *Debemos ser conscientes de que la normalidad definitiva sólo se conseguirá con un tratamiento farmacológico efectivo para su cura o la disponibilidad de una vacuna.*

Desde nuestro ámbito de conocimiento es que continuaremos monitoreando la evolución y el comportamiento del virus **SARS-CoV-2**, que genera la enfermedad Covid-19 en nuestra provincia de San Juan.

San Juan, 05 de Setiembre de 2020.



Algunas Referencias:

- H. Daniel Patiño, and Santiago Tosetti; “Control of COVID-19 Outbreak for Preventing Collapse of Healthcare Capacity”. En revision en el Annual of Control Review, International Federation of Automatic Control (IFAC), Junio de (2020).
- H. Daniel Patiño, S. Tosetti. “Diseño de Políticas Públicas para el Control del Brote de COVID-19 basado en una Cuarentena Inteligente”. Agosto de (2020). En revisión Congreso Nacional de la Asociación de Control Automático de Argentina, AADECA-2020.
- H. Daniel Patiño, S. Tosetti, J. Pucheta, C. Rodriguez. “Control del Brote de COVID-19 para Prevención del Colapso del Sistema Sanitario y UTI basado en el Distanciamiento Social, Confinamiento y Testeo”. Agosto de (2020). En envío a revisión al Congreso IEEE ARGENCON-2020; V Congreso Bianual de la Sección Argentina del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers of USA).
- A. Rutherford. Mathematical Modelling Techniques, New York: Dover, (1994).
- E. A. Bender. An Introduction to Mathematical Modeling, New York: Dover, (2000).
- J. M. Carcione, J. Santos, C. Bagaini, and J. Ba. A simulation of a COVID-19 epidemic based on a deterministic SEIR model. Submitted to Frontiers in Public Health, April 20, (2020).
- Mark J. Willis, Victor H. Grisales Díaz, O. A. Prado-Rubio, and M. von Stosch. Insights into the dynamics and control of COVID-19 infection rates. Journal of Chaos, Solitons and Fractal, Elsevier Ltd, Pre-proof, (2020).
- Reza Samenia. Mathematical Modeling of Epidemic Diseases; A Case Study of the COVID-19 Coronavirus. Quantitative Biology, Populations and Evolution, Cornell University, draf paper, (2020).
- Neil M. Ferguson, D. Laydon, G. Nedjati-Gilani, et all. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. Imperial College COVID-19 Response Team, March 16, (2020). DOI: <https://doi.org/10.25561/77482>.
- G. Giordano, F. Blanchini, R. Bruno, P. Colaneri, A. Di Filippo, A. Di Matteo, and M. Colaneri. Modelling the COVID-19 epidemic and implementation of population-wide interventions in Italy. Nature Medicine, Letters, April 20, (2020). doi.org/10.1038/s41591-020-0883-7.
- C. Tsay, F. Lejarza, M. A. Stadtherr, M. Baldea. Modeling, state estimation, and optimal control for the US COVID-19 outbreak. In reviewing, (2020).
- G. Stewart, K. van Heusden, and G. A Dumont. Coronavirus: policy design for stable population recover: Using feedback to maximize population recovery rate while respecting healthcare capacity. IEEE Spectrum, April, (2020). <https://spectrum.ieee.org/biomedical/diagnostics/how-control-theory-can-help-control-covid19>.
- N. Chitnis. Introduction to SEIR Models. Workshop on Mathematical Models of Climate Variability, Environmental Change and Infectious Diseases. Department of Epidemiology and Public Health Systems Research and Dynamical Modelling Unit. May, (2017).
- Giannakeas V., Bhatia D., Warkentin M. T., Bogoch I., Stall N. M.. Estimating the Maximum Capacity of COVID-19 Cases Manageable per Day Given a Health Care System's Constrained Resources, American College of Physicians. Journal of Annals of Internal Medicine. <https://doi.org/10.7326/M20-1169>, (2020).