



Universidad Nacional
de San Juan



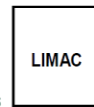
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEFN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

Evolución Dinámica del Covid-19 en San Juan

Un enfoque Analítico de los Datos y Modelos de Mitigación No Farmacológica

Reporte 5 4 de febrero de 2021

*Dr. Ing. H. Daniel Patiño y Dr. Ing. Santiago Tosetti
Instituto de Automática, Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de San Juan
Av. Lib. San Martín, 1109 (O), 5400 San Juan*

*Dr. Ing. Julián Pucheta
LIMAC, FCEFN
Universidad Nacional de Córdoba*

*Dr. Ing. Cristian Rodríguez Rivero
Wiskunde en Informatica
Universiteit van Amsterdam
Amsterdam, The Netherlands*

En este quinto reporte se presenta la evolución de la dinámica de propagación del SARS-Cov2 en la provincia de San Juan durante el periodo que va desde el 14 de diciembre del 2020 al 4 de febrero del 2021.

En la **primera parte** se presenta la curva de *nuevos casos infectados* a partir de los datos oficiales y de los *indicadores propios*, las cuales muestran la evolución de la propagación de la enfermedad Covid-19 en San Juan. Se da el valor estimado de la tasa de contagio, R_0 , indicador importante que evalúa el grado de circulación viral comunitaria. Se presentan además la evolución del índice de positividad en los testeos y la cantidad de test realizados, y los índices de mortandad por millón de habitantes y letalidad. En la **segunda parte** se presenta el grado de movilidad poblacional dada por la *movilidad automática de Google* y una proyección en la cantidad de contagios en el corto-mediano plazo.

En todos los análisis realizados se han empleado los datos oficiales dados por los partes diarios del Ministerio de Salud Pública a partir de los cuales se construyen los *indicadores propios* teniendo en cuenta los modelos estadísticos y matemáticos de la pandemia.



Universidad Nacional
de San Juan



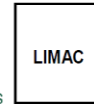
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEFyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

1. Evolución de Nuevos Casos de Infectados Diarios

En la Figura 1 se muestran las curvas de nuevos casos de infectados diarios a partir de los datos oficiales y de los *indicadores propios*. Las curvas rojas muestran los promedios semanales.

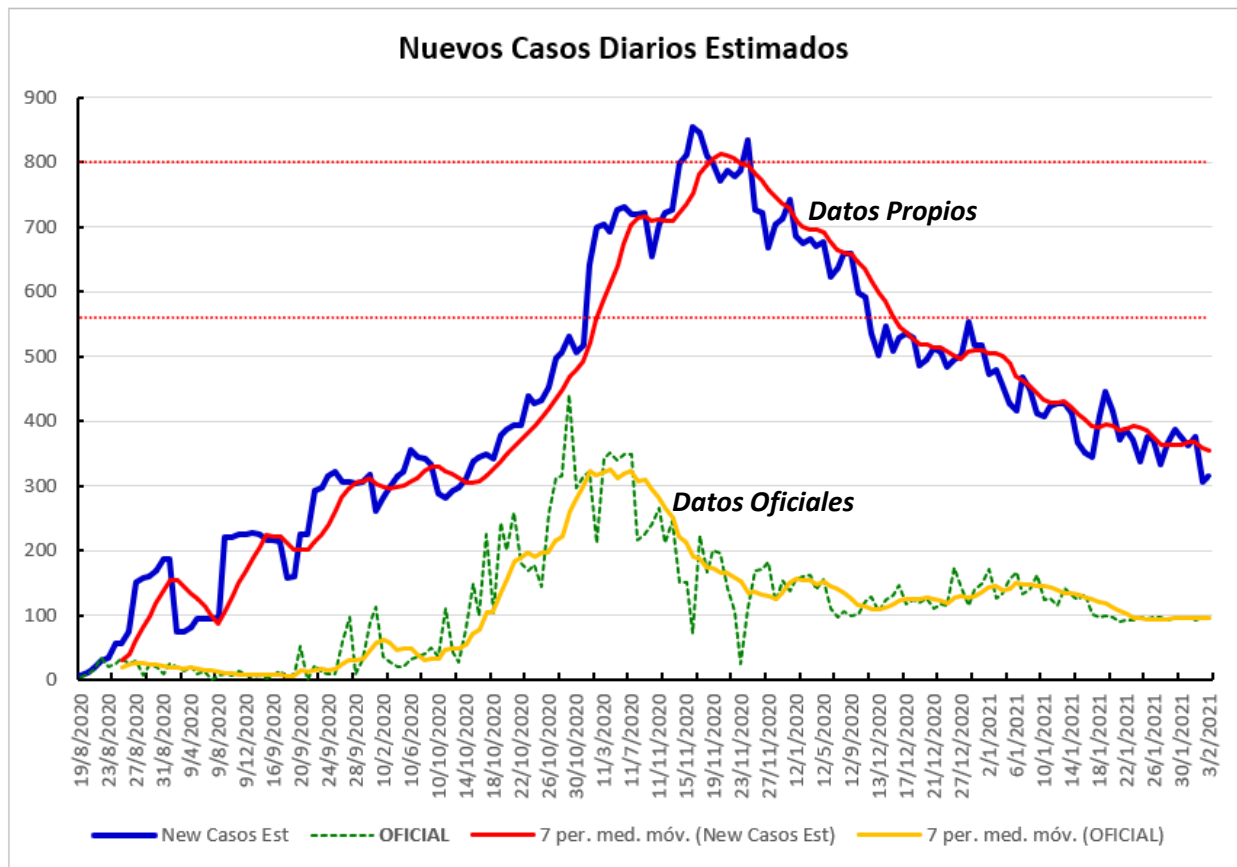


Figura 1. Evolución de los infectados según los datos oficiales e *indicadores propios*.

La curva azul corresponde a la curva de nuevos casos diarios con los *indicadores propios*, la verde punteada es la correspondiente a los *datos oficiales*. Las líneas rojas punteadas horizontales indican la estimación de la capacidad del sistema de salud de San Juan, 70% y 100% respectivamente. Dichos límites fueron calculados y estimados en agosto del año pasado, teniendo en cuenta la capacidad de los sistemas de salud público y privado a partir de datos no oficiales, y empleando el trabajo de Giannakeas V., et. al, "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*, (2020).



Universidad Nacional
de San Juan



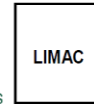
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCFyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

Puede observarse una **diferencia significativa entre la curva oficial y la propia** en un factor de alrededor de cuatro, coincidente con muchos trabajos científicos, los cuales establecen que los datos oficiales de nuevos casos deberían ser ajustados multiplicándolos por lo menos por un factor de cuatro. Esto se debe principalmente debido a la baja cantidad de testeos diarios que se realizan, que, como resultado da un índice de positividad por encima del 10% recomendado por la OMS y la comunidad científica.

Analizando la Figura 1, puede verse que el pico de contagios se produjo alrededor del 16-17 de noviembre del 2020, llegando a saturar la capacidad sanitaria de la provincia, pero durante un periodo corto. Luego se observa una disminución hasta el día 12 de diciembre, luego se produce en corto amesetamiento en unos 500 casos diarios hasta el día 2 de enero; para luego, continuar decreciendo a una velocidad menor el resto del mes de enero y principio de febrero.

Como proyección en el corto plazo se puede establecer una tendencia a continuar disminuyendo lentamente con una tendencia a estabilizarse en alrededor de unos 300 a 350 nuevos casos diarios. Este amesetamiento o estabilización en la cantidad de casos nuevos se puede ver como un **punto de equilibrio** que se alcanza en función del *comportamiento del virus*, el *comportamiento de la población* y de las *políticas de mitigación impuestas por gobierno*. Es de notar que este punto de equilibrio es aún elevado en el sentido de que el virus continúa circulando, estresando el sistema sanitario en un 40% de su capacidad máxima estimada y con una cantidad promedio de 2 a 3 fallecidos por día.

Se estima que **la cantidad de nuevos casos debería continuar bajando**, considerando el patrón de comportamiento que tuvo el virus en la misma estación del año el año pasado en el hemisferio norte. Sin embargo, debe **mantenerse la alerta** debido a que en algún momento podría haber un aumento en el número de casos diarios principalmente al ingreso y circulación de las nuevas cepas B-117 y P1, las cuales son más contagiosas, en un 50% más, y también más graves.

Tasa de Contagios Estimada, R_0

Respecto al R_0 , tasa de contagios, con los *indicadores propios* se estima su valor medio en 0.99 con una desviación estándar de 0.02. Esto significa que **está controlada la velocidad de contagios** en la provincia. Es importante recordar que, si el número de reproducción es mayor a 1, la cantidad de casos aumenta en forma exponencial. La meta de todos los gobiernos en todo el mundo es tratar de forzar, con herramientas no farmacológicas, a que este número de reproducción este *por debajo de uno*, idealmente por debajo de 0.7. Por debajo de este valor se puede considerar que la enfermedad estaría prácticamente en vías de su erradicación en la



Universidad Nacional
de San Juan



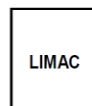
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

población. Situación ésta que se debería confirmar cuando se logre la inmunidad de rebaño en la población a través de su vacunación.

En la Figura 2 puede observarse la **evolución de contagios, R_0** , en San Juan a partir del brote iniciado en la ciudad de Caucete a partir de los **datos propios**.

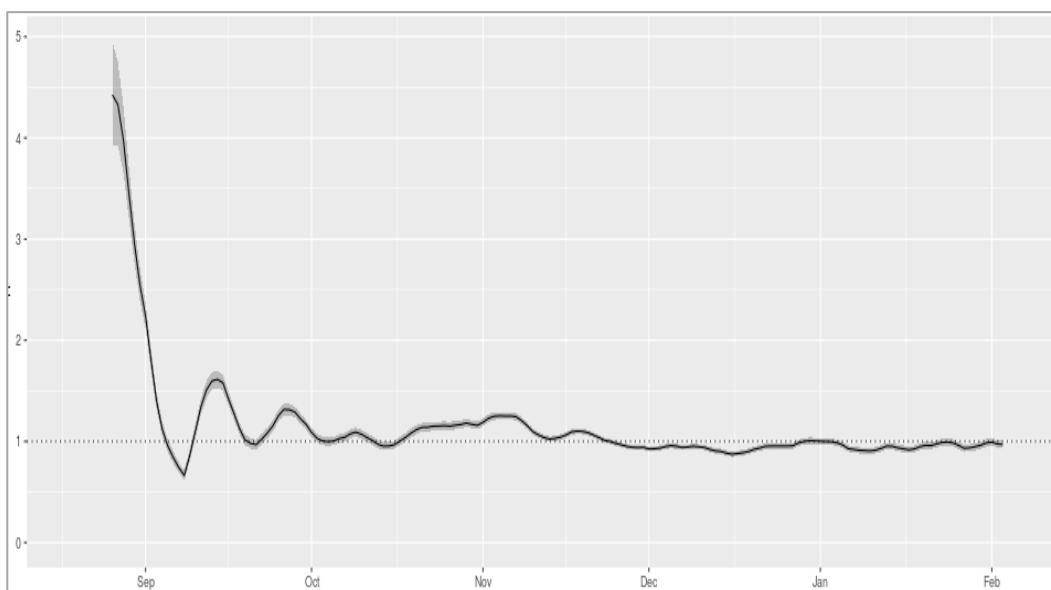


Figura 2. Evolución de contagios, R_0 , en San Juan, con un intervalo de confianza del 95%, a partir de *datos propios*.

Mortalidad por Millón de Habitantes e Índice de Letalidad

A partir de los datos oficiales el índice de **mortalidad por millón de habitantes** para San Juan es de 545,3 (por debajo de 1.082 de la nación) y una **tasa de letalidad** del 2,2% (por debajo de la media nacional de 2,48). Con los *indicadores propios* el índice de mortalidad por millón de habitantes es de 821 y el de letalidad de 1%.

Índices de Positividad y Cantidad de Testeos Diarios

En la Figura 3 y 4 se muestran los índices de positividad (explicado en el Reporte 4) y la cantidad de testeos diarios realizados. Se observa que el **índice de positividad ha mejorado**, alcanzando un 25.5% promedio a partir de mediados del mes de enero. Recordamos que se recomienda alcanzar un valor del 10% o menor, para así poder capturar mejor la dinámica de la velocidad de contagios diarios. El número de testeos en promedio es de 400.



Universidad Nacional de San Juan



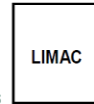
CONICET



UNC
Universidad Nacional de Córdoba



FCEFyN
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de Investigación Matemática Aplicada a Control

Estos dos índices muestran el porqué de la diferencia entre la curva oficial y la construida con los indicadores propios en un factor de multiplicación de cuatro.

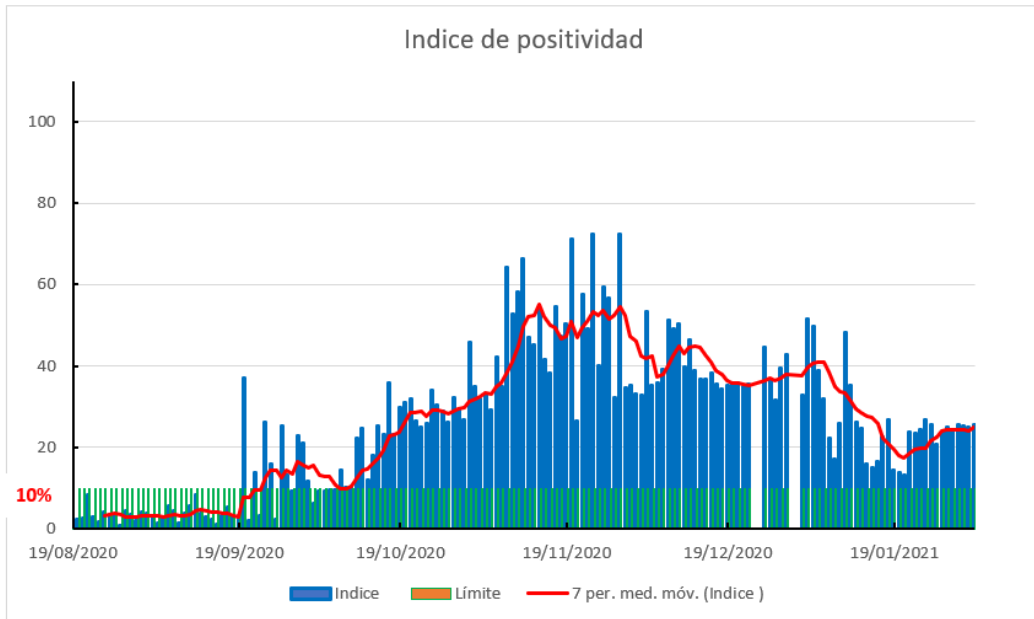


Figura 3. Evolución del índice de positividad en San Juan.

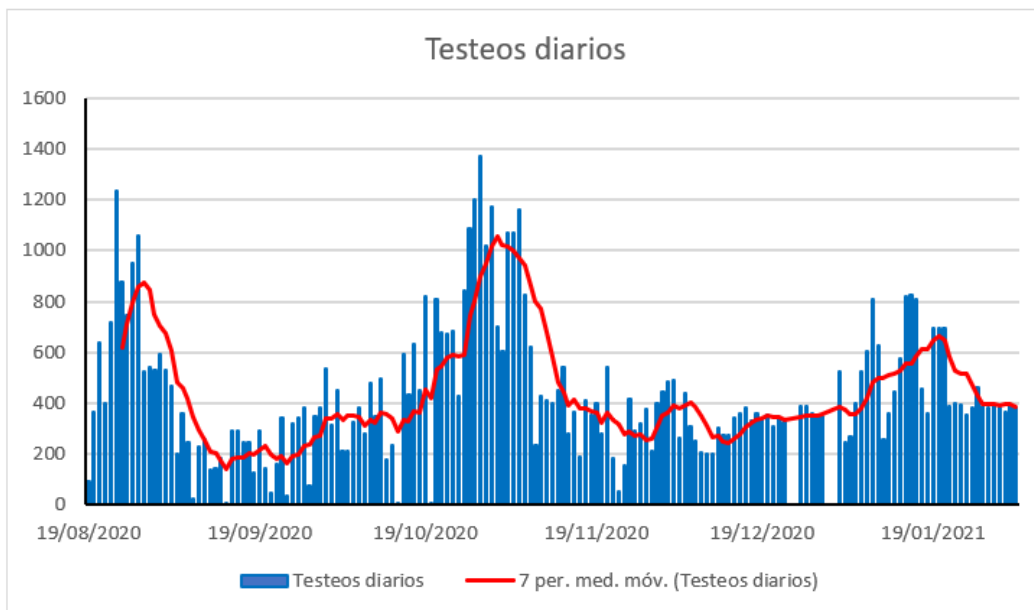


Figura 4. Evolución de la cantidad de testeos en San Juan.



Universidad Nacional
de San Juan



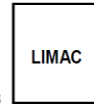
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

2. Movilidad Poblacional de la Población de San Juan

En la Figura 5 se muestra la movilidad poblacional dada por la movilidad automática de Google para investigación, con un **promedio de movilidad del 83% de San Juan**.

Se observa una movilidad en zonas *Residenciales* y *Supermercados y Farmacias* por arriba del 10% respecto a la movilidad en febrero de 2020; y un incremento de la movilidad también en el resto de las actividades *Lugares de Trabajo*; *Tiendas y Espacios de Ocio*; en *Parques* y *Estaciones de Transporte*.

En la Figura 5 (parte superior) se detalla la evolución de la estimación en la proyección de contagios diarios tomando en cuenta a la *movilidad poblacional* y la *serie temporal propia*, estabilizándose en un valor promedio de alrededor de unos 500 casos diarios.

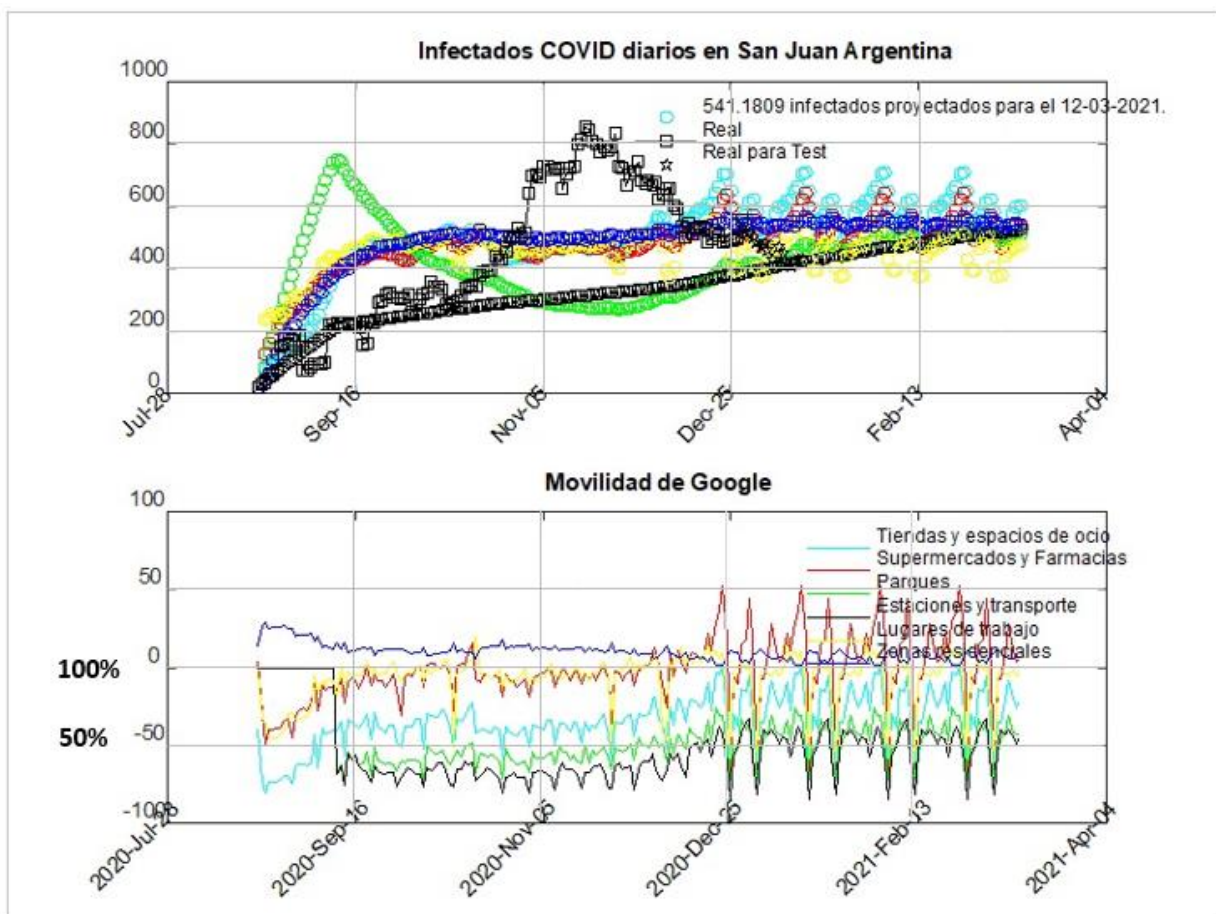


Figura 5. Movilidad automática de Google de San Juan.



Universidad Nacional
de San Juan



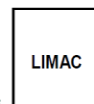
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

3. Conclusiones y Observaciones

Se observa que **continúa la baja en los nuevos casos a una velocidad menor, pero sostenida, tendiendo a un amesetamiento**, o alcanzando un *punto de equilibrio*, en 300 a 350 nuevos casos diarios (considerando los *indicadores propios*). Este punto de equilibrio se alcanza en función del resultado total entre el *comportamiento del virus*, el *comportamiento de la población* y de las *políticas de mitigación del gobierno*. Si bien está controlada la propagación de la enfermedad, este punto de equilibrio es aún elevado en el sentido de que *el virus continúa circulando, estresando el sistema sanitario* en un 40% de su capacidad máxima estimada y con una cantidad promedio de 2 a 3 fallecidos por día. Según los *indicadores propios* la cantidad de casos acumulados es de 70.259, por lo que la cifra oficial se debería multiplicar por 3.7. Algunos expertos en trabajos científicos recomiendan en general multiplicar los casos detectados por un factor de 4.

El R_0 , tasa de contagios con los *indicadores propios*, se estima en 0.99, **confirmándose que está controlada la velocidad de contagios en la provincia**.

Con los datos oficiales, San Juan tiene un índice de mortalidad por millón de habitantes de 545,3 (casi la mitad de la media nacional de 1.082) y un índice de letalidad de 2,2% (por debajo de la media nacional de 2,48%). Considerando los indicadores propios los índices dan 821 y 1% respectivamente.

El índice de positividad ha mejorado, alcanzando un 25.5% promedio a partir de mediados del mes de enero. Recordamos que se recomienda alcanzar un valor del 10% o menor, para así poder capturar mejor la dinámica de la velocidad de contagios diarios. El número de testeos en promedio es de 400.

La movilidad poblacional dada por la movilidad automática de Google para investigación, con un **promedio de movilidad del 83% de San Juan**.

Se puede concluir que **la pandemia de Covid-19 está controlada en la provincia de San Juan, con la expectativa de poder llegar a un R_0 , velocidad de contagio, menor a 0.7 para el inicio de abril-mayo** que es cuando se espera la *segunda ola* con posiblemente las cepas nuevas del virus circulando.

Es recomendable hasta tanto se alcance la vacunación de más del 75-80% de la población continuar empleando las tres herramientas principales de mitigación no farmacológicas contra el Covid-19:



Universidad Nacional
de San Juan



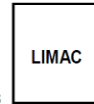
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

1) Distanciamiento social preventivo, como es el empleo de barbijos y mascarillas (bien colocados), la higiene personal con el lavado de manos y el empleo de alcohol en gel, el distanciamiento entre personas de al menos 2 metros de distancia y el evitar reuniones en lugares poco ventilados. Intensificar la higiene personal principalmente en el uso de baños públicos, recomendado por un estudio científico reciente.

2) Testeos masivos con aislamiento de sintomáticos, asintomáticos y pre sintomáticos y trazabilidad de los contactos estrechos, principalmente en la detección de algún brote. Esto permite operar en fases elevadas de distanciamiento poblacional y estar controlando efectivamente la velocidad de contagios del Covid-19.

3) Cumplimiento rigurosamente de los protocolos acordados con cada una de las actividades sociales, educativas y económicas.

Si bien se observa que el factor estacional es determinante y contribuye significativamente en la disminución de la velocidad de contagio, existe intacta la elevada capacidad del SARS-Cov2 de transmisión y contagio, más aún si no se cumple estrictamente el distanciamiento preventivo y los protocolos asumidos para cada una de las actividades habilitadas como herramientas de mitigación.

Se continuará monitoreando atentamente la posibilidad de cualquier cambio detectado en las tendencias debido principalmente a la posibilidad del ingreso y circulación de las nuevas cepas en nuestra provincia y a la mayor movilidad que se espera a partir de los próximos meses con el inicio de las actividades escolares.

.....
Para más detalle de cómo operan las tres herramientas principales de mitigación no farmacológicas en el achatamiento de la curva de infectados, pueden verse los trabajos:

“Control del Brote de COVID-19 para Prevención del Colapso del Sistema Sanitario y UTI basado en el Distanciamiento Social, Confinamiento y Testeo”. H. Daniel Patiño, S. Tosetti, J. Pucheta, C. Rodriguez.

Análisis y modelado de procesos dinámicos para medir el cambio de conducta social en el marco del COVID-19. Julián Pucheta, C. Salas, M. Herrera, H. D. Patiño y C. Rodriguez Riveros.

Congreso IEEE ARGENCON-2020; V Congreso Bianual de la Sección Argentina del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers of USA). Agosto de (2020).

También puede accederse a la página web: <http://covid19.inaut.unsj.edu.ar/wordpress/>

Contacto: dpatino@inaut.unsj.edu.ar