



Universidad Nacional
de San Juan



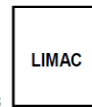
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEfyn
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

Evolución Dinámica del Covid-19 en San Juan

Un enfoque desde el Análisis de los Datos e Ingeniería de Sistemas de Control

Reporte N°: 7 *9 de abril 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, FCEfyn
Universidad Nacional de Córdoba

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

En este breve *reporte* se presenta el análisis de la evolución de propagación del SARS-Cov2 en la provincia de San Juan focalizándose principalmente en el periodo que va **desde la detección del inicio de la segunda ola**, 16 de marzo del presente año a la fecha de hoy.

Se presenta: a) la **curva de Estima Nuevos Casos Infectados** a partir del modelo y datos oficiales; b) la **evolución de la tasa de contagios R_0** , semanal y diaria, a partir de la cual se puede mostrar la evolución de la velocidad de propagación de la enfermedad Covid-19 en San Juan (un indicador importante que evalúa el grado de circulación viral comunitaria del virus); y c) las curvas del **índice de positividad en los testeos PCR** y la **cantidad de test** realizados a partir de datos oficiales. Finalmente se dan las conclusiones principales y observaciones.

En todos los análisis realizados se han empleado *los datos oficiales* dados por los partes diarios del Ministerio de Salud Pública de San Juan, a partir de los cuales se construyen los datos e *indicadores propios* teniendo en cuenta modelos estadísticos y matemáticos de la pandemia reportados científicamente por el grupo de trabajo en reuniones científicas.

El modelo y procedimientos empleados en la obtención de las estimas de las principales variables e indicadores que evalúan la velocidad de propagación de esta pandemia del



Universidad Nacional
de San Juan



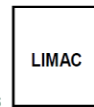
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

Coronavirus pudieron ser ajustados y validados durante la primera ola en San Juan, **teniendo un buen desempeño en esta segunda ola.**

1. Evolución de *Nuevos Casos de Infeccionados Diarios*

En la Figura 1 se muestran las curvas de *Nuevos Casos de Infeccionados Diarios Estimada* en azul y el *Promedio Semanal Estimado* en rojo, a partir de los modelos e *indicadores propios*, indicándose el pico de la primera ola y la detección del inicio de la segunda ola.

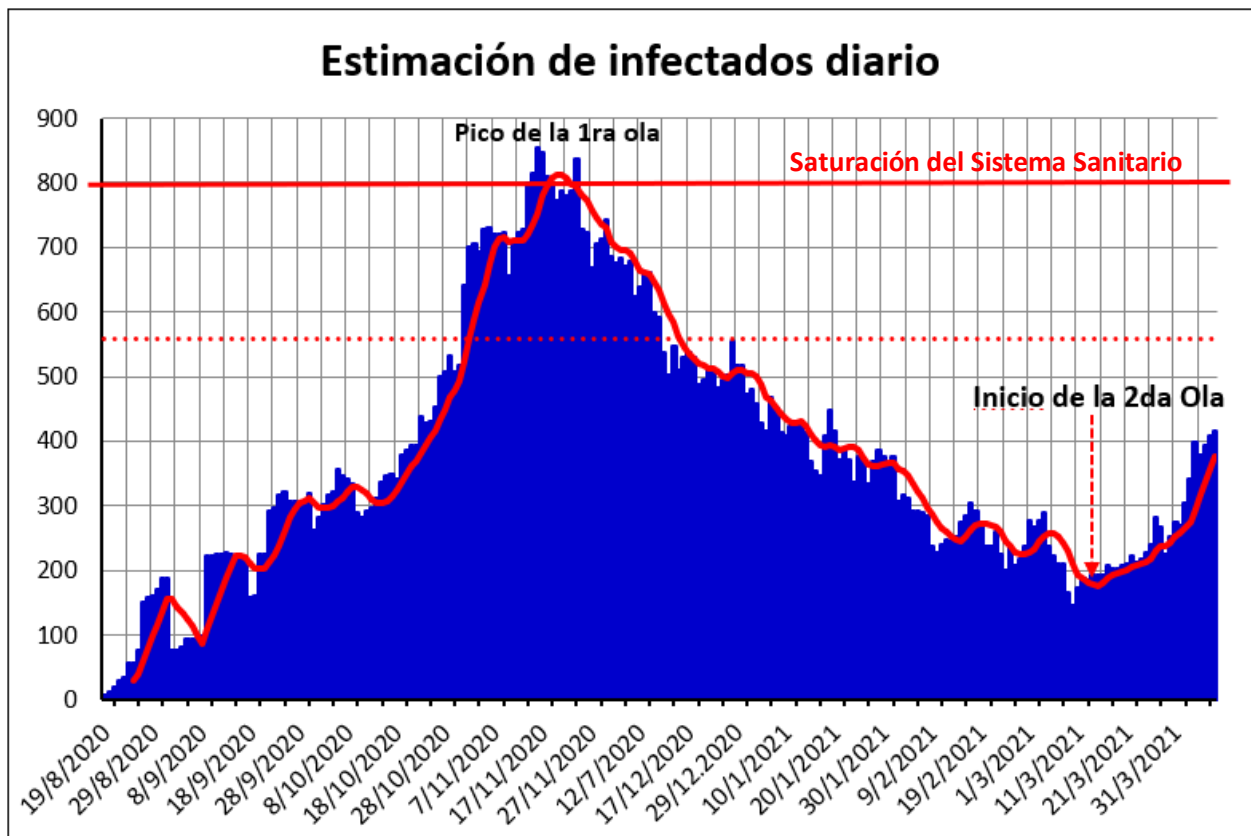


Figura 1. Evolución de la *Estima de Infeccionados* según los modelos e *indicadores propios*.

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 2020, teniendo en cuenta la capacidad de los sistemas de salud público y privado a partir de *datos no oficiales*. En dicho estudio se empleó, entre otros, principalmente el trabajo



Universidad Nacional
de San Juan



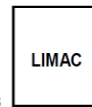
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

de Giannakeas V., et. all, "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). **Dichos límites fueron validados durante la primera ola en San Juan.**

En la Figura 1 se muestran claramente el pico de la primera ola y el inicio de la segunda ola, **detectado por este grupo de investigación**, publicado el 24 de marzo del presente año en el Reporte 6 y en la Revista de la UNSJ, *Revista la U*, del 29 de marzo de 2021.

El inicio de esta segunda ola comienza desde un piso relativamente alto, **mostrando un incremento de casos sostenido** desde el cambio de tendencia e **iniciando su aceleración de forma exponencial**, como lo validan los valores de la tasa de contagios estimados semanales con un $R_o = 1.2$ y uno diario de $R_o = 1.3$ (ver Figura 2 y 3). **Estos indicadores muestran el delicado y crítico momento del estado actual de circulación del virus comunitariamente en la provincia de San Juan.** En general las segundas olas en el hemisferio norte tuvieron y tienen picos de mayor intensidad y mayor período de duración, agravado por la diseminación de las **nuevas variantes de preocupación (o de interés) del virus**, como lo son la de Manaos, la inglesa, la Sud Africana, la California, y la de New York, entre otras tantas que se van generando debido a la mutación del virus al encontrar una elevada circulación en el planeta, y específicamente, asociadas a esas regiones.

2. Tasa de Contagios R_o Semanal y Diario

En las Figuras 2 y 3 se muestra la evolución de la tasa de velocidad de contagios, semanal y diaria, obtenidas a partir de los modelos e *indicadores propios*, estimando sus valores semanales en $R_o = 1.23$ y diario de $R_o = 1.3$, ambas obtenidas con una desviación estándar de 0.03. Es importante destacar **que se observan valores de velocidad de propagación del orden a los obtenidos durante el alcance del pico de la primera ola y superando el umbral límite de 1** (marcado con líneas de punto). Es importante aclarar, qué **cuando este número es mayor a 1**, la cantidad de casos comienza a aumentar en forma exponencial y **se considera el brote fuera de control**. La meta de todos los gobiernos en todo el mundo es tratar de forzar, aplicando *herramientas de mitigación no farmacológicas*, para llevar ese número de reproducción *por debajo de uno*, idealmente por debajo de 0.7. *Por debajo de 1 puede considerarse que los brotes de la pandemia están siendo controlados.*



Universidad Nacional de San Juan



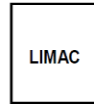
CONICET



UNC
Universidad Nacional de Córdoba



FCEyN
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de Investigación Matemática Aplicada a Control

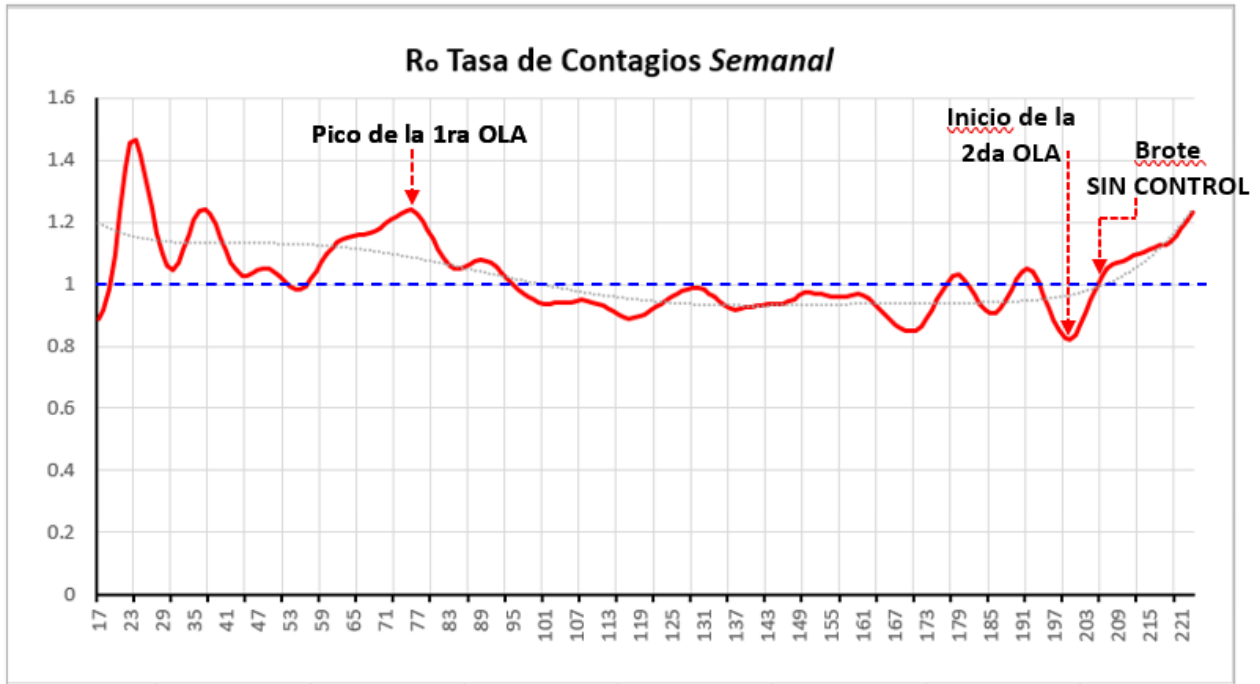


Figura 2. Evolución de la Estima de la Tasa de Velocidad de Contagios SEMANAL en San Juan, a partir de modelos y la elaboración de *datos propios*.

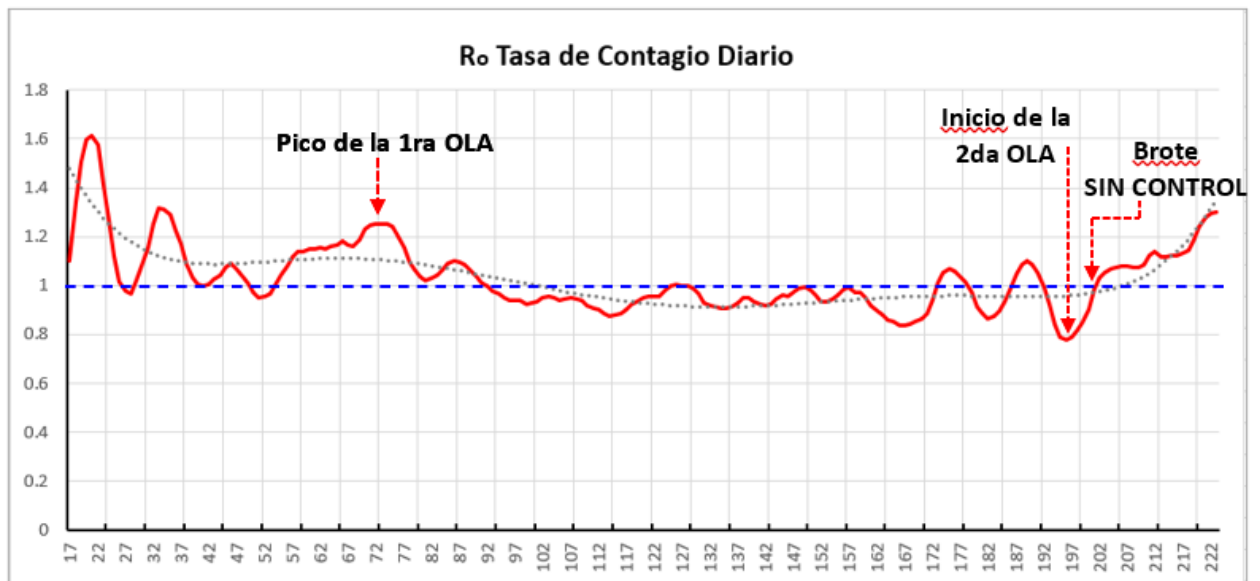


Figura 3. Evolución de la Estima de la Tasa de Velocidad de Contagios DIARIA en San Juan, a partir de modelos y la elaboración de *datos propios*.



Universidad Nacional
de San Juan



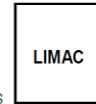
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCFyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

3. Índices de Positividad y Cantidad de Testeos Diarios

En la Figura 3 y 4 se muestran la evolución temporal de los índices de positividad (explicados en el Reporte N° 4) y la cantidad de testeos diarios realizados en San Juan a la fecha. Se observa que el *índice de positividad* semanal está por arriba del 10%, manteniéndose en promedio por encima del 20%. Se observa la realización de una gran cantidad de test entre el 29 de marzo y 4 de abril, llegando a un valor histórico de 2433 PCR realizados el día 4 de abril; a partir del cual se regresó a los valores anteriores. En la Tabla 1 se observa una cierta inconsistencia entre el número de test PCR reportados y la cantidad de personas infectadas encontradas. Por ejemplo, el día primero de abril del 2021 se realizaron 2021 isopados, resultando positivos sólo 83, y obteniéndose un índice de positividad del 4.1%. Mientras que con una menor cantidad de test realizadas el día 9 de abril, 645 test PCR, resultaron 216 positivos, alcanzando ese día un índice de positividad del 33.5%. Esto indica que, posiblemente la cantidad de test PCR realizados fueron hechos en zonas en las cuales no se estaban produciendo los brotes, pues de lo contrario, deberían haberse encontrado muchos más casos positivos el día que más cantidad de isopados se realizaron.

Fecha	Cantidad de Test	Índice de positividad	Casos positivos
29/3	619	8.2%	51
1/4	2021	4.1%	83
3/4	2525	3.6%	92
4/4	256	32%	82
5/4	486	25.3%	123
9/4	645	33.4%	216

Tabla I. Comparación entre el índice de positividad y la cantidad de casos positivos encontrados.

Es importante recordar que la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la comunidad científica recomienda alcanzar valores de positividad menores al 10%, para poder así medir y estimar mejor la velocidad de contagios diarios, o realizar 10 tests cada 1000 habitantes. El recomendado es de *alcanzar menos del 5% de positividad* para que el testeo sea empleado como herramienta no farmacológica de mitigación y control de la pandemia. El número de



Universidad Nacional de San Juan



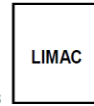
CONICET



UNC
Universidad Nacional de Córdoba



FCEyN
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de Investigación Matemática Aplicada a Control

testeos en San Juan se mantiene *en promedio* en las últimas semanas en alrededor de los 500 test PCR.

Las Figuras 2 y 3 son obtenidas a partir de los datos extraídos de los reportes diarios oficiales dados por el Ministerio de Salud Pública de San Juan.

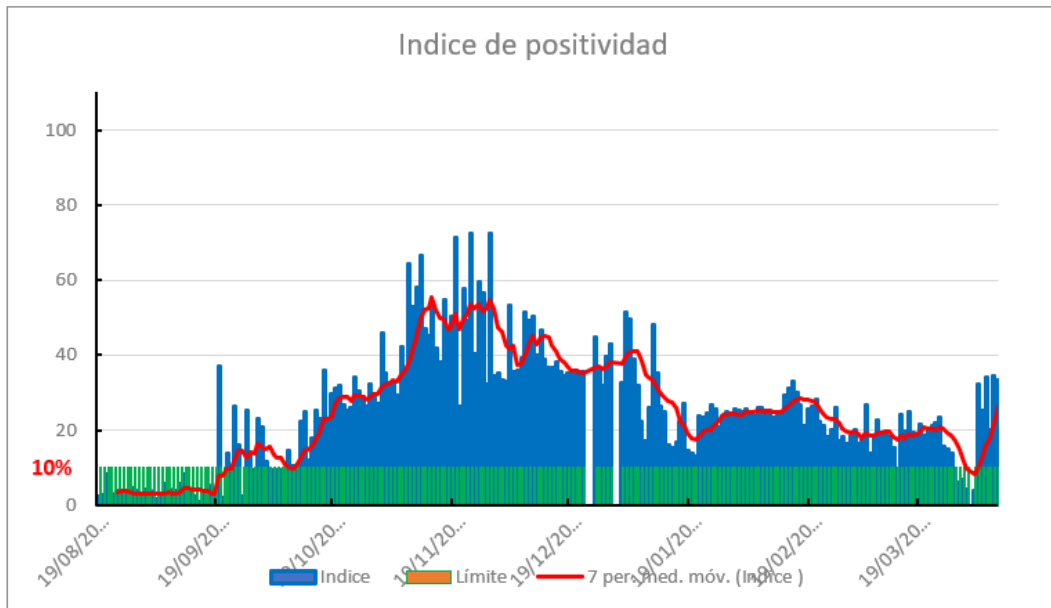


Figura 3. Evolución del índice de positividad en San Juan con *datos oficiales*.

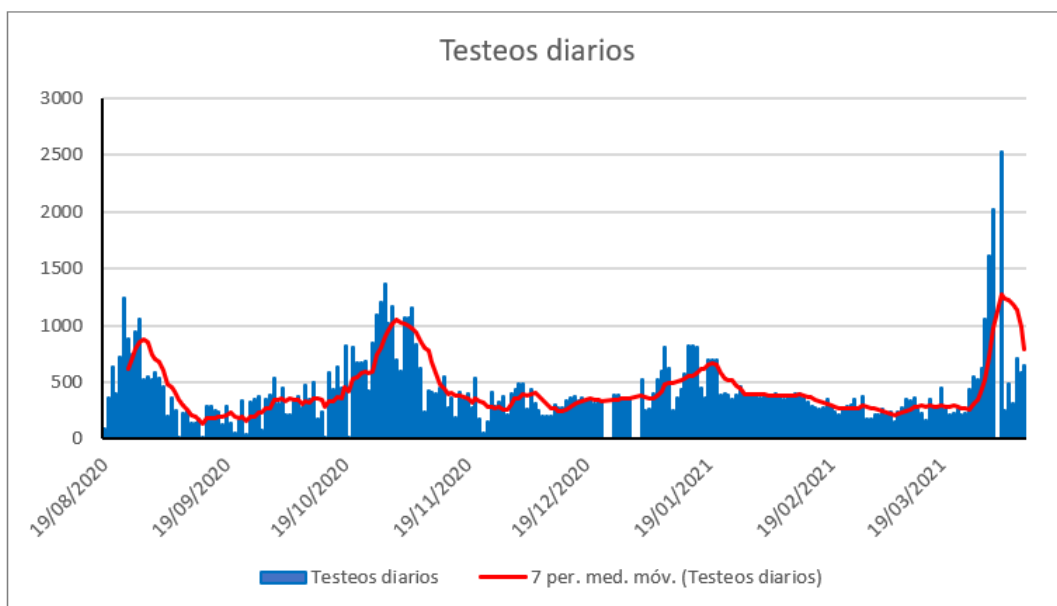


Figura 4. Evolución de la cantidad de testeos en San Juan con *datos oficiales*.



Universidad Nacional
de San Juan



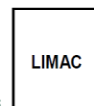
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

4. Conclusiones y Observaciones

El cambio en la tendencia **en el crecimiento de las estimas de los Nuevos Casos y una superación del valor umbral de uno del R_0** , detectado por este equipo de trabajo a partir del 11 de marzo del presente año, **continúan sosteniéndose y muestran el delicado y crítico momento del estado actual de circulación del virus comunitariamente en la provincia de San Juan.**

Se ha alcanzado una **cantidad estimada** promedio semanal de Nuevos Casos de Infectados en el orden de los 400 casos diarios, comenzando a incrementarse de forma exponencial, evidenciado por los valores del índice de contagio semanal obtenidos de $R_0 = 1.23$ y diario de $R_0 = 1.3$; **valores que están en el mismo orden a los obtenidos en los momentos de mayor crecimiento de la primera ola.**

Se observa una estima en la capacidad del sistema sanitario (público más el privado) alcanzando rápidamente a más del 50% de su capacidad máxima estimada, ajustada y validada en el modelo durante la primera ola. **La tendencia es a continuar incrementándose su demanda.**

El índice de positividad se ha mantenido en alrededor de un 20%, con una cantidad de testeos PCR del orden de los 500 test promedios en las últimas semanas, una cifra aún elevada.

Las medidas tomadas por el Gobierno Nacional y Provincial son acertadas en la medida que vayan acompañadas por el cumplimiento por parte de la población y controladas estrictamente por las autoridades de contralor correspondientes. **El efecto en el control del brote se podrá observar en el valor de los índices de los modelos en los próximos 10 días.**

Como se dijo en el Reporte anterior, esta segunda ola de la pandemia del Covid-19, tanto para Argentina como para San Juan, **pondrá a prueba tanto a la población como al Gobierno Nacional y Provincial.** La población se pondrá a prueba en cuanto al cumplimiento de los respectivos decretos establecidos por los Gobiernos Nacional y Provincial, y respecto al cuidado personal. El gobierno se pondrá a prueba en cuanto a si será capaz de hacer cumplir estrictamente las nuevas normas y los protocolos establecidos en la habilitación de las diferentes actividades económicas, educativas y de recreación social. **Ambos comportamientos determinaran si dichas acciones son suficientes para controlar el brote de esta segunda ola.**

Desde el punto de vista del control de esta segunda ola será fundamental **cumplir estrictamente** las tres herramientas principales de mitigación no farmacológicas contra el Covid-19:

1) **Distanciamiento social preventivo**, que consiste en: a) el empleo, y apropiado uso, de efectivos barbijos y mascarillas; c) la higiene personal con el lavado de manos y el uso de alcohol



Universidad Nacional
de San Juan



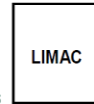
CONICET



UNC
Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEyN
Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales



LIMAC
Laboratorio de
Investigación Matemática
Aplicada a Control

en gel; c) el distanciamiento entre personas de al menos 2 metros de distancia y el *evitar reuniones en lugares poco ventilados*.

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

3) ***Cumplimiento rigurosamente de las normas establecidas en los respectivos decretos nacional y provincial, y los protocolos acordados*** con cada una de las actividades habilitadas.

Médicos e investigadores infectólogos lo resumen en:

mantener el distanciamiento social, correcto empleo del barbijo, ventilación de los lugares, cumplimiento riguroso de las normas y los protocolos de habilitación de todas las actividades establecidos por las autoridades gubernamentales, el incremento del testeo y secuenciación del genoma del virus a fin de identificar la variante predominante, y por supuesto, la aceleración de la vacunación de toda la población.

Se espera continuar monitoreando atentamente en las próximas semanas la evolución de la *estima de los nuevos casos y la tasa de velocidad de contagios* con los indicadores y modelos propios, de manera tal de evaluar la evolución y pico de esta segunda ola en la provincia de San Juan.