



ACADEMIA NACIONAL DE  
CIENCIAS DE BUENOS AIRES

# FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA MITIGACIÓN DEL COVID-19 BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL: ANÁLISIS Y MODELADO DE PROCESOS DINÁMICOS PARA MEDIR EL CAMBIO DE CONDUCTA SOCIAL EN EL MARCO DEL COVID-19

JULIÁN ANTONIO PUCHETA<sup>1</sup>

## Resumen

Se propone mostrar resultados del trabajo de tratar de establecer una relación de correspondencia entre la movilidad social y el número de contagiados diarios en la Argentina, con la intención de medir la eficacia del mensaje del Gobierno para establecer las nuevas normas de conducta social. Se comparan los resultados con países como Holanda, Japón y Brasil. Se plantean situaciones con la intención de formular el problema de optimización que incorpora la inteligencia artificial, donde el criterio de optimización incorpora variables sociales y económicas. Las variables sociales son objetivas y están descriptas a través de éste panel.

## Abstract

This lecture aims to show the results of the processes for trying to establish a correspondence relationship between social mobility and daily COVID infected in Argentina, with the purpose of measure the effectiveness of the Government's message for establishing the new social behavior norms. The results are compared against countries such as Netherlands, Japan and Brazil. Situations are stated with the intention of formulating the optimization problem that incorporates artificial intelligence, where the optimization criterion incorporates social and economic variables. The social variables are intended to be objective and are described through this panel.

---

<sup>1</sup>Doctor en Ingeniería. Ingeniero en Electrónica. Profesor en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. [jpucheta@unc.edu.ar](mailto:jpucheta@unc.edu.ar).



**Palabras Clave:** Procesos dinámicos, predicción de series temporales, aprendizaje automático, inteligencia artificial, COVID19

## Motivación

En este informe se pretende mostrar resultados del diseño de estrategias de inteligencia artificial para control automático en sistemas de dinámica lenta, con el objetivo de que el efecto del COVID en la sociedad evolucione de una manera deseada.

Se ha orientado el esfuerzo a la mitigación del COVID con resultados de trabajos anteriores en procesos de dinámica lenta [1] [2], y se buscó adecuar la metodología de trabajo que es el análisis y modelado matemáticos de procesos dinámicos a la problemática de la conducta social para establecer una métrica o índice [3].

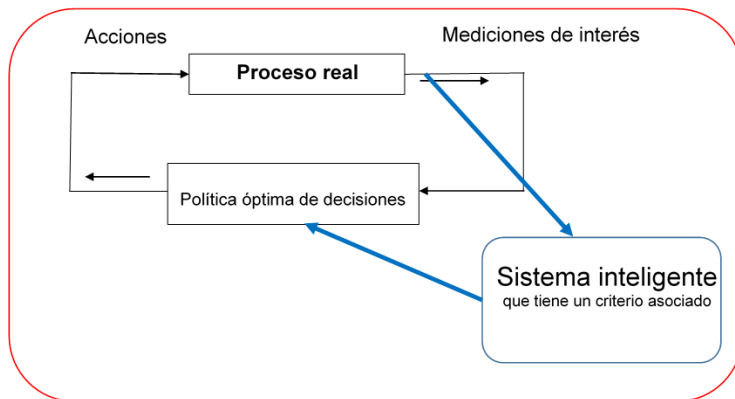


Fig. 1. Esquema para formulación del problema de control automático basado en inteligencia artificial.

Aquí se propone la definición de un índice o métrica objetiva para medir el cambio en la conducta social el marco del COVID que permite la implementación automática de su control y así formular un problema de inteligencia artificial en términos matemáticos. Para ello, se trabaja en un marco de referencia en



donde hay un proceso real y se le pretende medir su evolución. En este caso es la conducta social, como se muestra en la Fig. 1. A ese proceso se lo desea hacer evolucionar de una manera deseada, y para ello hay que generarle las acciones de control o política de decisiones que hace que ese proceso evolucione considerando un criterio que es fijado por las autoridades del Gobierno [4].

En ése esquema se puede plantear un sistema inteligente basado en aprendizaje automático para ir proponiendo modificaciones en esta política de decisiones en función de maximizar un criterio (o minimizar).

Así, la idea es hacer evolucionar al proceso según un criterio determinado impuesto por el gobierno. La autoridad gubernamental sería quien estaría fijando este criterio y lo demás se hace matemáticamente y depende de cómo se diseña a las acciones de control que harían cambiar justamente esa conducta y se diseña que mediciones van a ser los indicadores sociales. La conducta social tiene muchos aspectos y en este artículo nosotros vamos a tratar de mostrar un poco qué se puede hacer desde el modelado matemático de procesos dinámicos.

## **Mediciones de interés**

La necesidad de generar mediciones a partir de variables como el número de contagios y la movilidad social busca conocer la eficacia del mensaje que desde el Gobierno se envía a la sociedad respecto del COVID y sus nuevas normas de convivencia.

Se trata de definir una variable que evidencie la puesta en práctica de dichas normas.

Esta nueva métrica muestra el grado de cumplimiento de las medidas sanitarias de distanciamiento que está referido a evitar concentraciones de personas en lugares poco ventilados y aislamiento, que se entiende como el uso del tapabocas, mascarilla y guantes. Además, las normas relacionadas a la



higiene personal, donde se debe mantener la limpieza personal de manos empleando alcohol.

Ahora no se consideran agentes externos como vacunas, sino simplemente ese distanciamiento y se pretende estudiar cómo se responde a esto.

## **Propuesta**

En términos de modelos dinámicos definidos como una representación de la realidad, se puede decir que dado un período de tiempo, el modelo subyacente que representa simplificada la conducta debería cambiar en un sentido virtuoso.

Actualmente se encuentran disponibles datos de la movilidad anónimos de las personas, en distintos aspectos, publicados diariamente por Apple [5] y Google [6].

Aquí se establece una relación de correspondencia entre la movilidad y los infectados diarios para la República Argentina, y también de países como Holanda, Brasil y Japón para comparar los efectos.

La propuesta es hacer el cálculo de modelos dinámicos definido como una representación simplificada de la realidad, los incluye hacer simplificaciones. A los infectados diarios de los obtiene desde el sitio de la Organización Mundial de la Salud [7] para la República Argentina, están disponibles para el acceso público.

## **Implementación de métrica: se define un índice de desempeño**

En la Fig. 2 se muestran dos evoluciones temporales. En la superior los infectados diarios para la Argentina y en la gráfica inferior la movilidad de peatones propuesta por Apple (datos crudos). La curva de movilidad de los peatones es expresada en términos relativos a febrero 2020, es decir son valores relativos. Se observa que ha ido aumentando la movilidad de los peatones a lo largo del tiempo.

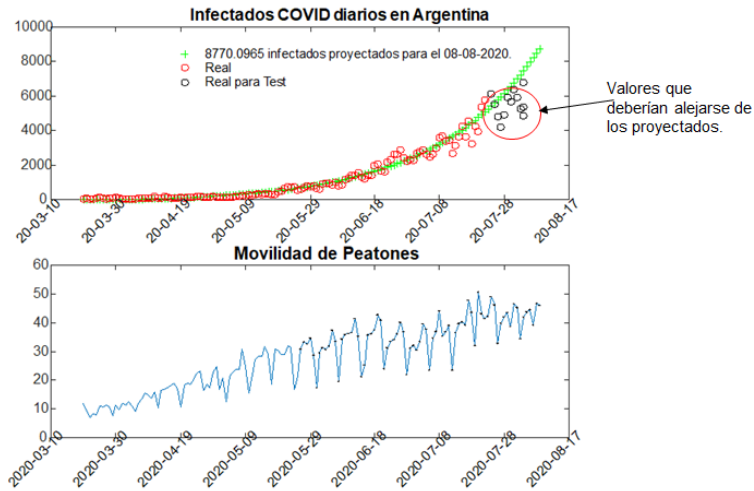


Fig. 2. Relación de correspondencia entre la movilidad de las personas y los contagios medidos por la OMS [7], modelados y reales.

En el cálculo lo que se hace es emplear a los datos indicados con círculos rojos para hacer el cálculo del modelo y la salida del modelo es la curva de color verde. Es un caso típico de base no mínima. Es una curva ascendente que está dependiendo de las líneas azules, y debería ser independiente para poder afirmar que la conducta social hace que la movilidad no influye en los contagios.

Los círculos negros son mediciones reales que no se emplearon en el cálculo y entonces entra la métrica aquí propuesta que es que estos círculos negros, que son las nuevas mediciones, estén lo más alejado posible y bien cercano a cero tan rápido como se pueda. En función de ese error, que tiene signo ya que de ser positivo indica que los valores proyectados por el modelo es mayor que la medición real y entonces es una muy buena noticia en cuanto a la evolución virtuosa de la Pandemia del COVID.



## Resultados obtenidos Argentina (Google)

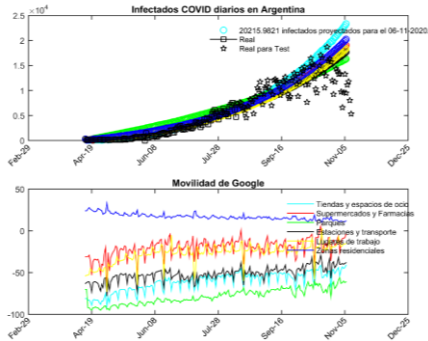


Fig. 3. Infectados diarios en Argentina [7], y evolución de la movilidad de las personas según Google [6].

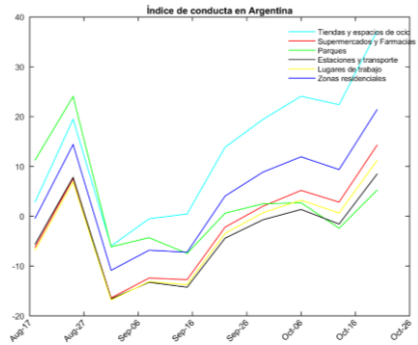


Fig. 4. Evolución del índice de conducta para Argentina.

En la Fig. 3 se muestra el caso de los contagios de Argentina y su relación con la movilidad provista por Google [6]. Google da una movilidad para cada una de las categorías detalladas, éstas son Tiendas y espacios de ocio, Supermercados y farmacias, Parques, Estaciones transportes, Lugares de trabajo y Zonas residenciales. Cada una de estas curvas está referidas a la movilidad de febrero de 2020. Aquí se toman desde el 19 de abril de 2020, desde donde empiezan a aumentar levemente las movilidades sociales pero la de Zonas residenciales muestra un comportamiento contrario ya que va disminuyendo a lo largo del tiempo. Todas las otras van aumentando desde el confinamiento.

En la Fig. 4 se muestra el resultado de comparar el modelo calculado con las mediciones reales, que son diferencias porcentuales calculadas a partir de la semana del 17 de agosto. Se observa que desde el 27 de agosto baja en la semana del 2 de setiembre hasta el 23 de octubre empiezan a evolucionar



aumentado. El mejor resultado de cambio de conducta lo se ve para Tiendas y espacios de ocio.

## Resultados obtenidos Argentina (Apple)

En la Fig. 5 se detalla el caso de los contagios diarios de Argentina relacionado a la movilidad social provista por Apple [5].

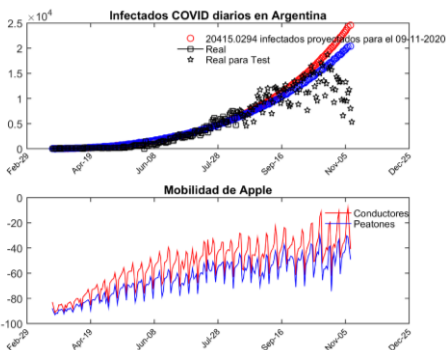


Fig. 5. Infecciones diarias en Argentina [7], y evolución de la movilidad de Apple [5].

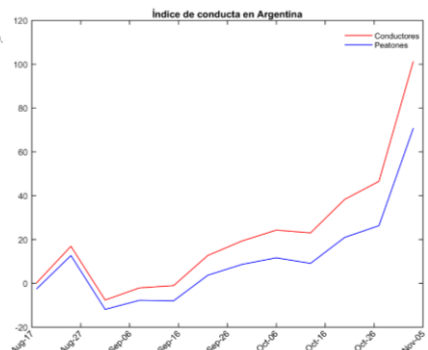


Fig. 6. Evolución del índice de conducta para Argentina para movilidad de Apple.

La fecha del estudio es hasta el 13 de agosto para el ajuste del modelo y a partir de allí se va proyectando el valor de cada contagio diario mediante las curvas de círculos. El modelo indica más de 20 mil casos para el 6 de noviembre y sin embargo los datos medidos son bastante menores. A ésa diferencia se la refleja en la Fig. 6 , donde se destaca que hay una mejora de conducta con esta movilidad, cerca del 100% lo que resulta en un buen desempeño social.



## Resultados obtenidos Holanda

Se implementó el mismo método de estudio de conducta en Holanda, cuyos resultados se detallan en las Fig. 7 y Fig. 8 para la proyección de los contagios a partir de la movilidad y la evolución de la métrica de conducta, respectivamente.

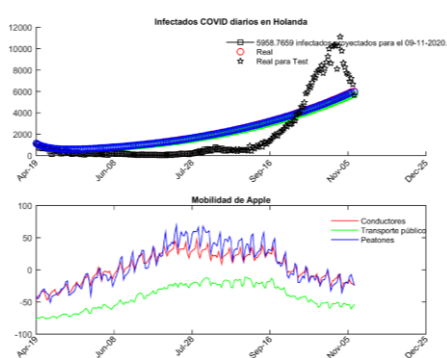


Fig. 7. Infectados diarios en Holanda [8], y evolución de la movilidad medida por Apple.

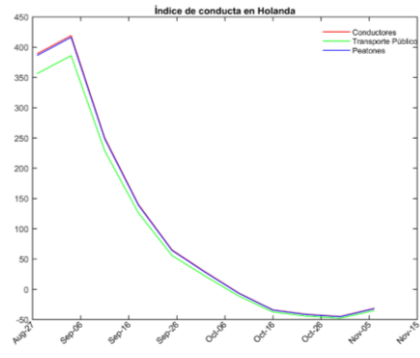


Fig. 8. Evolución del índice de conducta para Holanda.

Holanda empezó su aumento de contagios COVID antes que Argentina, y para Junio de 2020 empezó a caer el número diario de contagios, y eso indica un muy buen comportamiento como se observa en la última semana de Agosto en la Fig. 8. Ése buen comportamiento se cambió para mal así que a partir de agosto en la segunda etapa sufrió la segunda ola de contagios.

De la curva de movilidad se observa que han tomado restricciones de para bajar la movilidad y han logrado mitigar el aumento de casos de contagios.

El comportamiento se refleja en el índice mostrado en la Fig. 8. Al principio tenían una muy buena conducta y luego empezó a disminuir, al final estarían recuperando la buena conducta social.

## Resultados obtenidos Brasil





En las Fig. 9 y Fig. 10 se detallan los resultados obtenidos para Brasil. Aquí también se realizó el ajuste del modelo hasta el día el 13 de agosto. La movilidad muestra que hicieron un confinamiento muy fuerte al principio y los casos aumentaron mucho lo que indica que la sociedad tuvo una conducta muy mala al principio, pero luego lo han logrado mejorar ya que el modelo da una proyección de casos muy y ahora están teniendo mucho menor según sus mediciones reales.

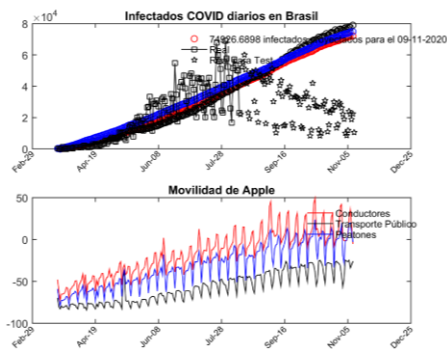


Fig. 9. Infectados diarios en Brasil [9], y evolución de la movilidad de Apple.

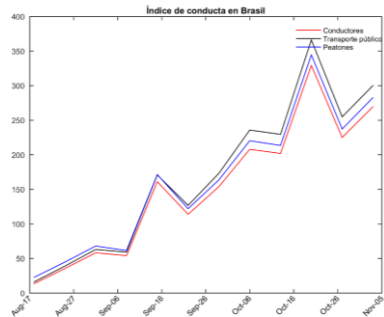


Fig. 10. Evolución del índice de conducta para Brasil.

Con ésta información la conducta de Brasil ha ido mejorando semana a semana para el modelo ajustado hasta el 13 de agosto, hasta 300%.

## Resultados obtenidos Japón

La sociedad que podría tomarse como referencia puede ser Japón, quien muestra un resultado excepcional como se



muestra en las Fig. 11 y Fig. 12. Nótese que la mejora de conducta que presenta para la métrica propuesta es de 1200%.

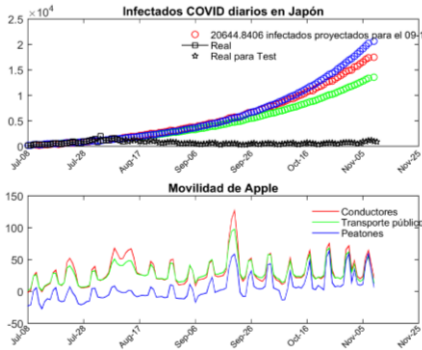


Fig. 11. Infectados diarios en Japón [10], y evolución de la movilidad de las personas de Apple.

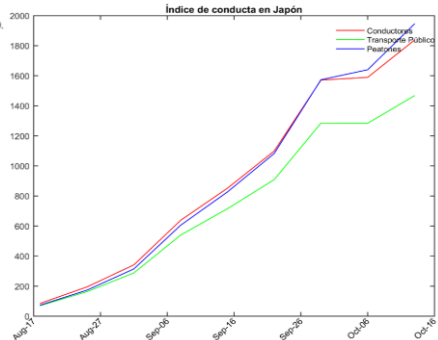


Fig. 12. Evolución del índice de conducta para Japón.

Nótese que aunque la movilidad esté con tendencia a aumentar, los contagios no lo hacen, esto se conoce como relación de fase no mínima. Esa dinámica llega hasta agosto pero la diferencia que hay los casos reales y los proyectores es de más de 20 mil han mantenido su movilidad en aumento. En julio tuvieron un pequeño aumento de casos, lo que fue mitigado por una disminución de la movilidad.

## Comparaciones

En la Tabla 1 se realiza una comparativa de resultados que resumen el desempeño de la métrica propuesta.



Se especifica la cantidad de habitantes por país para que se pueda mantener la relación y los muertos por millón de habitantes.

**Tabla 1**

	Hab.- Millones	Infectados- Millones	Muertes	Muertes por Millón de Hab.	Ind.
Argentina	44,49	1,242	33560	754,3	110
Holanda	17,28	0,414	8033	464,9	-40
Brasil	209,5	5,6	162397	775,2	300
Japón	126,5	0,108	1829	14,5	1900

Comparación de resultados y números indicadores de los países y Argentina.

Argentina evidencia un 110%, empleando la movilidad de Apple, y sería un 38% empleando la de Google, de mejora de su conducta respecto a la que tenía antes del 13 de Agosto.

Brasil comenzó con una mala conducta, luego fue mejorando.

## **Discusión**

Con fines comparativos de la efectividad de la métrica aquí propuesta, se compara con un método disponible [11] que permite conocer mediante cuatro colores la etapa de propagación que tiene el COVID en cada país.



Risk Levels by Country/Region

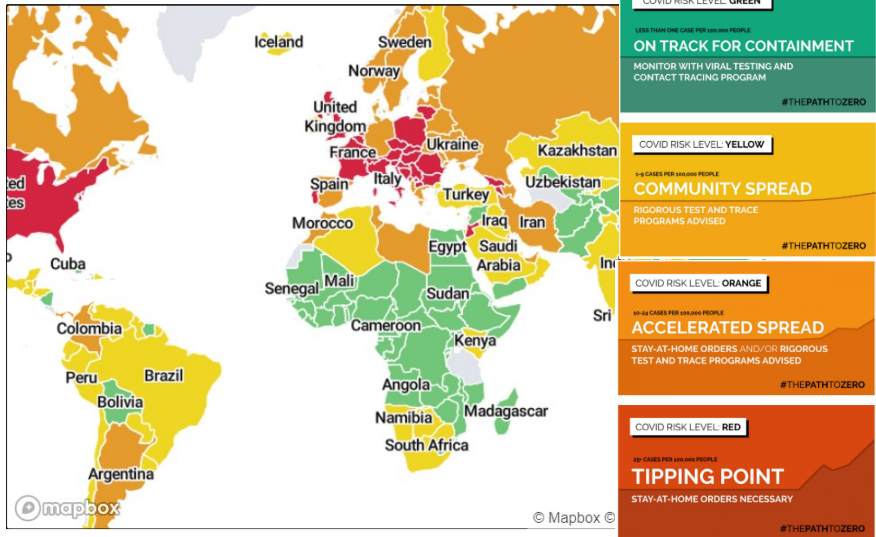


Fig. 13. Sistema de alarma que indica el estado de la pandemia en el mundo [11].

En la Fig. 13 se muestra la captura de pantalla para el día 10 de noviembre de 2020, donde se observa que Argentina está dominando mejor la pandemia que Holanda pero Brasil lo hace mejor que Argentina.

## Conclusiones

Se ha presentado una serie de resultados que muestran el uso de la métrica o índice de conducta social en el marco de la pandemia por el COVID. La métrica está planteada a partir de datos de uso libre y de acceso gratuito para el público, con el único inconveniente que tienen una latencia de 3 o 4 días.

El método puede implementarse en mayores resoluciones, con menores regiones de influencia.

Puede formularse el problema para el empleo de la inteligencia artificial para establecer un calificador automático de resolución arbitraria.



ACADEMIA NACIONAL DE  
CIENCIAS DE BUENOS AIRES

Además, la medida propuesta evidencia la fragilidad del equilibrio social de sostener en el tiempo el distanciamiento y la higiene.

## Bibliografía

- [1] Pucheta J., Alasino G., Salas C., Herrera M., Rivero C.R. (2020) "Stochastic Analysis for Short- and Long-Term Forecasting of Latin American Country Risk Indexes". Series Editor Hamid Arabnia, Department of Computer Science, The University of Georgia, Athens, Georgia, USA. In: Arabnia H., Daimi K., Stahlbock R., Soviany C., Heilig L., Brüßau K. (eds) Principles of Data Science. Transactions on Computational Science and Computational Intelligence. Springer, Cham. First Online 09 July 2020. DOI [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43981-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43981-1_12). Publisher Name Springer, Cham. Print ISBN 978-3-030-43980-4. Online ISBN 978-3-030-43981-1. eBook Packages Engineering Engineering (R0). Pp 249-272.
- [2] Julián Pucheta, Carlos Salas, Martín Herrera, Cristian Rodríguez Rivero, Gustavo Alasino (2019). "Short and Long-Term Time Series Forecasting Stochastic Analysis for Slow Dynamic Processes". Applied Mathematics, 2019, Vol 10 número 8, 704-717. ISSN Online: 2152-7393 ISSN Print: 2152-7385. DOI: 10.4236/am.2019.108050.
- [3] Pucheta, Julián A., Salas, Carlos, Herrera, Martín, Patino, Héctor D., Rodríguez Rivero, Cristian. "Análisis y modelado de procesos dinámicos para medir el cambio de conducta social en el marco del COVID-19", Anales del IEEE ARGENCON 2020, del 1 al 4 de Diciembre de 2020 en modo virtual, Resistencia, Chaco, Argentina, Paper No 190, ISBN 978-1-7281-5957-7. (2020).
- [4] Patiño, Héctor D., Tosetti, S., Pucheta, J., Rodríguez Rivero, Cristian. "Control of COVID-19 Outbreak for Preventing Collapse of Healthcare Capacity based on Social Distancing, Confinement and Testing-Quarantining", Anales del ArgenCon



ACADEMIA NACIONAL DE  
CIENCIAS DE BUENOS AIRES

2020, del 1 al 4 de Diciembre de 2020 en modo virtual, Resistencia, Chaco, Argentina, Paper No 182, ISBN 978-1-7281-5957-7. (2020).

[5] Apple Mobility. <https://covid19.apple.com/mobility>.

[6] Google LLC "Google COVID-19 Community Mobility Reports". <https://www.google.com/covid19/mobility/> 25/08/2020.  
<https://covid19.apple.com/mobility>.

[7] <https://covid19.who.int/region/amro/country/ar>.

[8] <https://covid19.who.int/region/euro/country/nl>.

[9] <https://covid19.who.int/region/amro/country/br>.

[10] <https://covid19.who.int/region/wpro/country/jp>.

[11] <https://globalepidemics.org/key-metrics-for-covid-suppression/>