

N°151

Mayo 2020



*Secretaría de ciencia y tecnología
Universidad Nacional de La Matanza*

SÍNTESIS CLAVE

Boletín informativo

ISSN 2344-9632

La disminución de la velocidad de propagación de COVID-19 en Argentina:
un análisis de los datos oficiales





N°151 Mayo 2020

**Universidad Nacional
de La Matanza**

Rector:

Dr. Daniel Martinez

Vicerrector:

Dr. Víctor René Nicoletti

**Secretaría de Ciencia
y Tecnología**

Secretaria:

Mg. Ana Bidiña

Contacto

Florencio Varela 1903,

B1754 San Justo,

Buenos Aires

(54 11) 4480-8900

Internos: 8759 / 8755

observatoriosocial@unlam.edu.ar



Universidad Nacional de La Matanza

**La disminución de la velocidad de propagación de
COVID-19 en Argentina:
un análisis de los datos oficiales**

Autores:

Fabiana Lartigue - Depto. de Ciencias de la Salud UNLaM

Médica. Especialista en Ginecología. Especialista en Obstetricia.

Decana y Prof. Titular Regular en el Dpto. de Ciencias de la Salud de la UNLaM.

Contacto: flartigue@unlam.edu.ar

Gabriela Lourtau- Depto. de Ciencias de la Salud UNLaM

Médica. . Especialista en Clínica Quirúrgica, Especialista en Econo-

mía y Gestión de la Salud, y Especialista en Salud Pública. Secretaria Académica y Prof. Titular Regular en el Dpto. de Ciencias de la Salud de la UNLaM.

Contacto: glourtau@unlam.edu.ar

Eduardo N. Cozza-Buccaro- Depto. de Ciencias de la Salud UNLaM

Dr. en Cs. Químicas. Máster en Educación superior. Prof. Adj. en el Depto. de Ciencias de la Salud de la UNLaM.

Contacto: cozzaen@gmail.com

Destacado:

La curva exponencial epidemiológica de la pandemia de COVID-19 en Argentina muestra las siguientes variaciones a partir del Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio impulsado por el Poder Ejecutivo Nacional: i) el porcentaje que define la función exponencial disminuyó de un 24% a un 3,3 % (relación 0,14), ii) el tiempo de duplicación aumentó de 3,1 a 18,7 (relación 0,16) y iii) el factor lineal B del exponente de la exponencial, $y = A \cdot e^{Bx}$, disminuyó de 0,277 a 0,033 día⁻¹ (relación 0,12). Estos cambios demuestran una mejora de entre el 84 y el 88% en el status de la pandemia.



La disminución de la velocidad de propagación de COVID-19 en Argentina: un análisis de los datos oficiales

Fabiana Lartigue -Dpto. de Cs. de la Salud, UNLaM
flartigue@unlam.edu.ar

Gabriela Lourtau -Dpto. de Cs. de la Salud, UNLaM
glourtau@unlam.edu.ar

Eduardo N. Cozza-Buccaro - Dpto. de Cs. de la Salud, UNLaM
cozzaen@gmail.com

Resumen:

El seguimiento de los datos de la pandemia de COVID-19 en Argentina, muestra una disminución significativa en la velocidad de expansión de la misma a partir del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (APSO). En efecto, los tres factores formales que evidencian tal disminución, esto es: i) disminución del porcentaje de aumento de la función exponencial que la representa, ii) disminución del término lineal del exponente de la curva (constante B), y iii) aumento en el tiempo de duplicación del número de personas infectadas, varían significativamente en esos sentidos hasta en un máximo del 90%. Estos resultados demuestran la eficacia del APSO en el logro del objetivo que lo impulsó, el “achatamiento de su exponencial”.

La curva exponencial epidemiológica de la pandemia de COVID-19 en Argentina muestra las siguientes variaciones a partir del Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio impulsado por el Poder Ejecutivo Nacional: i) el porcentaje que define la función exponencial disminuyó de un 24% a un 3,3 % (relación 0,14), ii) el tiempo de duplicación aumentó de 3,1 a 18,7 (relación 0,16) y iii) el factor lineal B del exponente de la exponencial, $y = A \cdot e^{Bx}$, disminuyó de 0,277 a 0,033 día⁻¹ (relación 0,12). Estos cambios demuestran una mejora de entre el 84 y el 88% en el status de la pandemia.

Palabras Clave: COVID-19; Coronavirus; Exponencial epidemiológica; Cuarentena; Tiempo de duplicación.



Introducción

Es bien conocido que la propagación de una enfermedad, epidemiológicamente, sigue una curva dada por la función exponencial (Bonita et al, 2008; Neter& Wasserman, 2000). La función exponencial, por otro lado, responde a la ecuación $y = A \cdot e^{Bx}$, donde “y” es el número de infectados acumulados, “x” es el tiempo transcurrido a lo largo de la propagación de la enfermedad, y “A” y “B” son constantes a determinar (Neter & Wasserman, 2000) (Hernández-Agudo et al, 2011; Arya & Lardner, 2002)

El valor de A se corresponde con la comunidad infectada inicialmente, al comienzo del estudio, y así, cuanto mayor sea su valor, mayor cantidad de nuevos infectados habrá debido al contagio.

La característica principal de una función matemática exponencial, es que el aumento en su valor de “y” es un porcentaje constante del valor de “y” inmediato anterior (Arya & Lardner, 2002). Así, conociendo ese porcentaje, se puede predecir el gráfico de la función, esto es, la curva exponencial, pues se pueden calcular todos los valores de la misma.

El valor de la constante B de la función exponencial define exclusivamente su porcentaje característico, siendo ambos proporcionales. Así, cuanto mayor sea el porcentaje que define la curva exponencial, mayor será el valor de B, y, por supuesto, ambos disminuyen cuando uno de ellos lo hace.

Pero en una epidemia, su curva exponencial va cambiando con el tiempo. En efecto, si la propagación de la enfermedad aumenta su velocidad (más enfermos en menos tiempo) el valor de B aumenta y el porcentaje que la define también. Se dice que la curva exponencial aumentó su pendiente o se “verticalizó”.

En cambio, si la velocidad de transmisión de la enfermedad comienza a disminuir, B y el porcentaje característico de la exponencial también lo harán. Se dice que la curva exponencial disminuyó su pendiente o se “horizontalizó”, o más comúnmente que se “acható”.

Como B define a la función exponencial al definir su porcentaje característico de cambio, entonces al cambiar el valor de B también cambia la función exponencial, por una de mayor o de menor velocidad de aumento, según B aumente o disminuya, respectivamente.

Este trabajo analiza los datos oficiales (Msal, 2020) de la expansión de la pandemia de la enfermedad COVID-19. En Argentina, producida por el virus (SARS-Cov-19 ó SARS-Cov-2), y pone a prueba la hipótesis acerca de la disminución de la pendiente de la curva exponencial de transmisión de dicha enfermedad.



1- Métodos

Los datos de infectados diarios por COVID-10 se obtuvieron de la información diaria que brinda el Ministerio de Salud de la Nación (Msal, 2020). Los porcentajes de aumento del número de infectados para el día “i+ 1” se han calculado con la expresión: $100 \cdot [(y_{i+1}) / y_i]$, donde “y” es el número acumulado de infectados diarios, e “i” es un día cualquiera mientras que “i + 1” es el día siguiente al mismo.

Esos porcentajes diarios luego se agruparon cada 3 días, para sortear la variabilidad producida por el tiempo de toma y procesamiento de las muestras de personas sospechosas de estar infectadas. Los porcentajes de cada tríada de valores, porcentaje promedio diario de cada grupo, “%g”, se promediaron directamente, aproximando el valor al primer decimal.

Los tiempos de duplicación del número de infectados se tomaron directamente, día por día, de los valores medidos de número acumulado de infectados diarios, utilizando interpolación lineal para aproximar el valor buscado (la mitad del inicial) al valor más cercano informado por el Ministerio de Salud de la Nación (Msal, 2020). Así, a cada día se le asignó un tiempo de duplicación igual a la cantidad de días entre el valor del día bajo determinación y el día en que se obtuvo la mitad de ese valor. Este método sobre los valores medidos se prefirió dado que se basa en los datos experimentales reales y no en aproximaciones de extrapolación sobre valores calculados.

Los valores de B se calcularon a partir del porcentaje promedio de cada grupo, “%g”, a través de la expresión: $\ln [1 + (\%g/100)]$ “para cada promedio de la agrupación.

2- Resultados

La Tabla I y la Figura 1, muestran los porcentajes de aumento en el número acumulado de personas infectadas para el período que va del 8 de marzo al 30 de abril, 2020, mostrando un comportamiento exponencial del mismo.

Este comportamiento es similar al observado en otros países, como China y España (Zhao et al, 2020; Saez et al, 2020), aunque en otros países los datos permiten obtener funciones cúbicas para el seguimiento de los casos (Cordova et al, 2020).

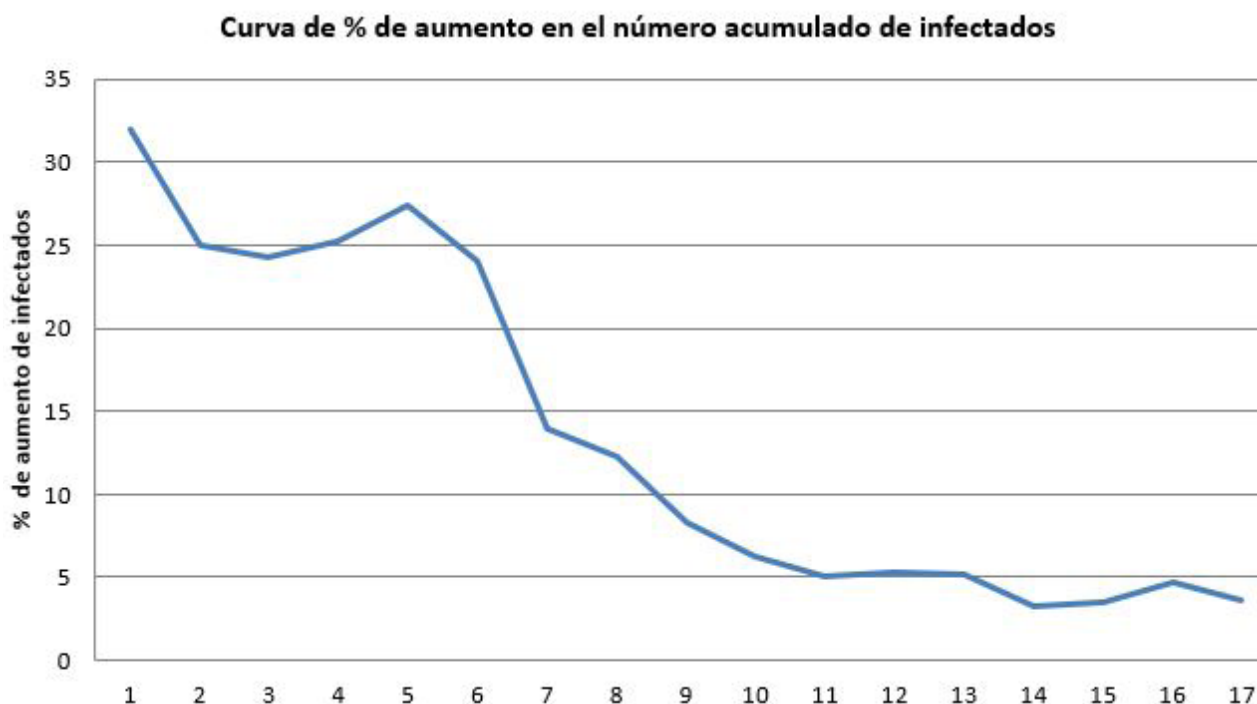


Tabla I: Porcentajes de aumento del número de infectados en Argentina por el virus SARS-Cov-19, en el período 8 de marzo a 3 de mayo de 2020.

Periodo	Grupos	Mes	% Promedio	Periodo	Grupos	Mes	% Promedio
08 al 10	1	Marzo	32,0	07 al 09	11	Abril	5,1 (c)
11 al 13	2		25,0	10 al 12	12		5,3
14 al 16	3		24,3	13 al 15	12		5,2
17 al 19	4		25,3	16 al 18	14		3,3 (d)
20 al 22	5		27,4	19 al 21	15		3,5 (d)
23 al 25	6		24,0 (a)	22 al 24	16		4,7 (e) (f)
26 al 28	7		14,0 (b)	25 al 27	17		3,6 (e)
29 al 31	8		12,5	28 al 30	18		3,5 (e)
01 al 03	9	Abril	8,3	01 al 03	19	Mayo	3,3 (e)
04 al 06	10		6,3				

Fuente: Datos extraídos del Ministerio de Salud de la Nación (Msal, 2020)

Figura 1: Porcentajes de aumento del número de infectados en Argentina por el virus SARS-Cov-19, en el período 8 de marzo a 27 de abril. Las abscisas indican los números de los grupos de 3 días promediados.



Fuente: Datos extraídos del Ministerio de Salud de la Nación (Msal, 2020).



Los datos muestran que el porcentaje de infectados (%g) tiende a disminuir en el período analizado, en el transcurso de los días. Este comportamiento es indicativo de la disminución del porcentaje característico de las curvas exponenciales, es decir, de cambio de una exponencial a otra con menor valor de B, en cada descenso.

La Tabla II muestra los valores del tiempo de duplicación en el número acumulado de infectados, el cual va aumentando a lo largo del período en el que fue posible el cálculo de los mismos según la Metodología utilizada.

A medida que los porcentajes de aumento diario del número de infectados van disminuyendo, se necesita cada vez mayor cantidad de días para llegar a un aumento del 100 %, porcentaje que corresponde a la duplicación del valor inicial.

Tabla II: Tiempos de duplicación del número acumulado de infectados en Argentina por el virus SARS-Cov-19, en el período 8 de marzo a 03 de mayo, 2020.

Período	Mes	Tiempo de duplicación(días)	Período	Mes	Tiempo de duplicación(días)
08 al 10	Marzo	3,1	7 al 9	Abril	9,5
11 al 13		3,6	10 al 12		11,0
14 al 16		3,2	13 al 15		12,4
17 al 19		3,4	16 al 18		13,8
20 al 22		3,2	19 al 21		15,4
23 al 25		3,3	22 al 24		16,0
26 al 28		4,7	25 al 27		16,4
29 al 31		5,6	28 al 30		17,8
01 al 03	Abril	6,7	01 al 03	Mayo	18,7
04 al 06		7,7			

Fuente: Datos calculados (ver Métodos) a partir de los extraídos del Ministerio de Salud de la Nación (Msal, 2020).

Así, el tiempo de duplicación sigue el comportamiento de la Tabla I, aumentando, es decir mostrando una disminución en la velocidad de transmisión del COVID-19, sobre todo a partir de los días próximos al 27 de marzo, cuyos valores corresponden, como ya se explicó, al efecto del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio.



Por último, los valores de B para cada grupo de 3 días se muestran en la Tabla III. Como era de esperar, los valores de B descienden a lo largo del período, también siguiendo las variaciones de los porcentajes de aumento en el número acumulado de infectados (Tabla I). En particular se observa un descenso significativo en el valor de B a partir del período del 26 al 28 de marzo, correspondiente a los primeros efectos del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio.

Tabla III: Valores de la constante B de la función exponencial de aumento en el número de infectados en Argentina por el virus SARS-Cov-19, en el período 8 de marzo a 03 de mayo, 2020.

Período	Mes	B (días⁻¹)	Período	Mes	B (días⁻¹)
08 al 10	Marzo	0,277	07 al 09	Abril	0,050
11 al 13		0,223	10 al 12		0,052
14 al 16		0,216	13 al 15		0,051
17 al 19		0,225	16 al 18		0,032
20 al 22		0,242	19 al 21		0,034
23 al 25		0,215	22 al 24		0,046
26 al 28		0,131	25 al 27		0,035
29 al 31		0,118	28 al 30		0,034
01 a 03	Abril	0,080	01 al 03	Mayo	0,033
04 a 06		0,061			

Fuente: Datos calculados a partir de los extraídos del Ministerio de Salud de la Nación (Msal, 2020)



3- Discusión

El número acumulado de infectados a lo largo del período analizado aumenta siguiendo una curva de tipo exponencial. Las curvas de tipo exponencial se caracterizan por tener un porcentaje constante de aumento (Arya & Lardner, 2002). Esperar que esa curva disminuya su pendiente de aumento, o sea, que se achate, es lo mismo que esperar que el porcentaje de aumento disminuya. O sea, que siga aumentando, pero con un porcentaje de aumento menor.

Los datos de la Tabla I muestran que al valor inicial del 32 % le siguió un período de 2 semanas (15 días) de alrededor del 25 %, evidenciando un descenso en el porcentaje de la exponencial con respecto al valor inicial, o sea un achatamiento de la curva. Además, del 11 al 25 de marzo se muestra que la velocidad de contagio (%g, el porcentaje de cada grupo) se mantuvo aproximadamente constante, casi sin variantes dentro de la variación estadística.

Luego, a partir del 26 de marzo (a) se observa otro período de 2 semanas (15 días) en el que se produjo un descenso continuo del porcentaje de la exponencial, primero hasta el 14% (b) en el período 26 al 28 de marzo, y luego hasta el 5,1 % (c), evidenciando otro achatamiento de la curva.

A partir de ese último valor, la curva parece estancarse en valor similares ((c), 5,1 a 5,3) por una semana más, para luego evidenciar otro descenso (d) por otra semana, seguido de valores (e) que varían, posiblemente, en ese rango.

El salto del 24 % ((a), período 23 al 25 de marzo) al 14 % ((b), 26 al 28 de marzo)) del porcentaje, coincide con el establecimiento del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio, ya que cuando en un día se informa un infectado, la infección con el virus se produjo alrededor de 7 días antes. Esto es, los infectados el 20 de marzo se reportan como infectados aproximadamente el 27 marzo.

En efecto, tomando una demora de 48 hs. para obtener el resultado de los análisis del virus, y teniendo en cuenta que el valor positivo del análisis se obtiene, en promedio, luego de 5 días de haber tenido contacto con el virus (Femeba, 2020; OMS, 2019), se concluye que cuando en un día se informa un infectado, la infección con el virus se produjo 7 días antes.

Una fecha relevante en el seguimiento de la pandemia de COVID-19 fue el viernes 3 de abril en el que se produjeron largas colas de personas en los bancos para el cobro de estipendios de varios tipos (jubilaciones, pensiones, etc.)



Los posibles contagios de ese fin de semana, por lo que dijimos acerca de los 7 días entre la toma de la infección y el resultado positivo de la misma, se debieran ver reflejados del 10 al 12 de abril. La Tabla II nos indica que, para esa fecha, los valores que venían descendiendo dejaron de hacerlo lo que, en término reales, se podría tomar como un posible ascenso de los valores que debieran haber estado más cerca, quizás, al 4%. O sea, el valor debiera haber descendido por la progresión que tenía, pero, por lo sucedido 7 días atrás, aumentó alcanzando los valores anteriores (c).

Otra situación que se presenta como extraña es la variación de los datos ente el 16 y el 30 de abril. En efecto, en estas dos semanas los porcentajes toman valores cercanos entre el máximo de 4,7 y el mínimo de 3,3. Para esto hay dos posibles hipótesis: Hipótesis 1): O se ha llegado al valor mínimo posible de la curva en las actuales condiciones por lo que los valores oscilan levemente entre esos límites pero pertenecen a un valor constante, o Hipótesis 2): entre el 15 y el 17 de abril sucedió algo que provocó que 7 días después, entre el 22 y el 24 de abril, se evidenciara un aumento en el número acumulado de personas infectadas llegando al 4,7 % (f).

Revisando las circunstancias entre el 15 y el 17 de abril no aparece ningún acontecimiento que a primera vista pudiese relacionarse con un aumento en el ritmo de infección. Esto lleva a pensar que la Hipótesis correcta sería la primera. De todos modos, el seguimiento de la curva en los próximos días, nos dará la mejor respuesta.

Si se toma como válida la Hipótesis 1, esto querría decir que el porcentaje de aumento en el número de infectados por COVID-19 ha ido descendiendo, pero ha llegado a un “plateau”, un valor constante que, por las variaciones estadísticas presenta valores levemente diferentes. Bajo esta situación entonces, surge la pregunta si este valor constante, aproximadamente 3,5 % según los últimos datos relevados, podrá descender próximamente llevando a la desaparición de la pandemia o si, en cambio, como varios estudios vaticinan, deberemos convivir con él por un tiempo previendo un aumento a producirse entre los meses de mayo y junio.

Si tomamos el valor de inicio, 32 % y el último registrado, 3,3 %, el porcentaje de la curva exponencial, o sea la velocidad de contagio, muestra un descenso de casi el 90 %. Esto permite concluir, a partir de los datos de la Tabla I, que se ha logrado un progresivo achatamiento de la curva de contagio en el período medido.



Estos resultados del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio son similares a los obtenidos en Korea (Cho, 2020) a partir del distanciamiento social impuesto en ese país a partir del mes de febrero de 2020.

El comportamiento de los tiempos de duplicación y de los valores de la constante B de la función exponencial, apoyan estas conclusiones ya que sus comportamientos han sido en el mismo sentido, es decir en el de achatamiento de la función exponencial epidemiológica, aumentando los tiempos de duplicación y disminuyendo el valor de B, en aproximadamente un 90%.



Bibliografía

ARYA, J. y LARDNER, R., (2002). Matemáticas aplicadas. México, D.F.: Editorial Pearson. (Cap. 6)

BONITA, R., BEAGLEHOLE, R. & KJELLSTRÖM, T. (2008). Epidemiología Básica. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud. (Caps. 3 a 5.)

CHO, S.I. (2020) “Academic Community’s efforts to guide the fight against coronavirus disease 2019 (COVID-19) epidemic in Korea”. J Prev Med Public Health. Mar;53 (2):65-66. doi: 10.3961/jpmph.20.084. Epub 2020 Mar 31. Disponible en: www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

CORDOVA-LEPE, F.; GUTIERREZ AGUILAR, R.; GUTIERREZ-JARA J. P. (2020) “Number of COVID-19 cases in Chile at 120 days with data at 21/03/2020 and threshold of daily effort to flatten the epi-curve”. Medwave 20(2), 7861doi: 10.5867. Disponible en: www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

FUNDACIÓN FEMEBA (2020) Período de incubación del COVID-19. Disponible en: <https://www.fundacionfemeba.org.ar/blog/farmacologia-7/post/periodo-de-incubacion-del-covid-19-47607>. Fecha de consulta: 30 de abril 2020

HERNÁNDEZ-AGUDO, I., GIL, A., DELGADO, M., BOLÚMAR, F., BENAVIDES, F.G., PORTA, M., ÁLVAREZ-DARDET, C., VIOQUE, J., LUMBRERAS, B. (2011). Manual de epidemiología y salud pública para grados en ciencias de la salud. Madrid: Médica Panamericana. (Caps. 25, 26, 29 y 30)

MINISTERIO DE SALUD (2020) Epidemiología y análisis de situación de salud. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/coronavirus/informe-diario?utm_source=search&utm_medium=cpc&utm_campaign=coronavirus&utm_term=grants&utm_content=nacional Fecha de consulta: 30 de abril 2020.

NETER, J. & WASSERMAN, W. (2000) Fundamentos de Estadística. México, D.F.: Editorial Continental. (Caps. 16 y 17)

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2019). How long does it take after exposure to COVID-19 to develop symptoms. Disponible en: www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-coronaviruses

SAEZ, M., TOBIAS, A., VARGA, D., BARCELÓ, M.A. (2020) “Effectiveness of the Measures to Flatten the Epidemic Curve of COVID-19. The case of Spain”. Sci Total Environ. Apr 18;727:138761. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138761.

ZHAO S, LIN Q, RAN J, MUSA S.S., YANG G., WANG W., LOU Y., GAO D., YANG L., HE D., WANG M.H. (2020) “Preliminary estimation of the basic reproduction number of novel coronavirus (2019-nCov) in China from 2019 to 2020: A data-driven analysis in the early phase of the outbreak”. Int J Infect Dis 92, 214-217doi: 10.1016/j.ijid.2020.01.050.Epub 2020 Jan 30.

Disponible en: www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov