


¿Cuál es la curva que mejor explica el crecimiento de los casos confirmados de COVID-19 en Chile?*


Víctor Díaz-Narváez¹

 <https://orcid.org/0000-0002-5486-0415>


David San-Martín-Roldán²

 <https://orcid.org/0000-0002-3208-8823>


Aracelis Calzadilla-Núñez³

 <https://orcid.org/0000-0002-6391-2563>


Pablo San-Martín-Roldán⁴

 <https://orcid.org/0000-0002-3939-5818>

Alexander Parody-Muñoz⁵

 <https://orcid.org/0000-0003-0155-266X>

Gonzalo Robledo-Veloso⁶

 <https://orcid.org/0000-0002-6674-7823>

Objetivo: explorar el mejor tipo de curva o modelo de tendencia que podría explicar el comportamiento epidemiológico del contagio por COVID-19 y derivar las posibles causas que contribuyan a explicar el modelo correspondiente y las implicaciones sanitarias que se pueden inferir. **Método:** los datos fueron recogidos desde los informes COVID-19 del Departamento de Epidemiología, Ministerio de Salud, Chile. Los datos fueron sometidos a estudios de ajustes de curva en cuatro modelos diferentes: cuadrático, exponencial, exponencial suavizado simple y exponencial suavizado doble. El nivel de significación empleado fue de $\alpha \leq 0,05$. **Resultados:** la curva que más se ajusta a la evolución de los casos confirmados acumulados del COVID-19 en Chile es la curva doble exponencial suave. **Conclusión:** el número de contagiados seguirá en aumento. Chile debe permanecer atento y ajustar las estrategias en torno a las medidas de prevención y control. El comportamiento poblacional juega un rol fundamental. Sugerimos no relajar las restricciones y seguir mejorando la vigilancia epidemiológica. Se deben hacer preparativos de emergencia y sumar más elementos de resorte al actual soporte sanitario. Esta predicción es tentativa y depende de que se mantengan todas las variables intervinientes constantes. Cualquier alteración modificará la predicción.

Descriptores: COVID-19; Coronavirus; 2019-nCoV; Infecciones por Coronavirus; Pandemias; Epidemiología.

* Este artículo hace referencia a la convocatoria "COVID-19 en el Contexto Mundial de la Salud".

¹ Universidad Andres Bello, Facultad de Odontología, Santiago, Chile.

² Universidad de Valparaíso, Facultad de Medicina, Escuela de Obstetricia y Puericultura, Valparaíso, Chile.





³ Universidad Bernardo OHiggins, Facultad de Salud, Santiago, Chile.

⁴ Universidad Mayor, Facultad de Ciencias, Escuela de Nutrición y Dietética, Santiago, Chile.

⁵ Universidad Metropolitana, Barranquilla, Colombia.

⁶ Universidad de Chile, Facultad de Ciencias, Santiago, Chile.

Cómo citar este artículo

Díaz-Narváez V, San-Martín-Roldán D, Calzadilla-Núñez A, San-Martín-Roldán P, Parody-Muñoz A, Robledo-Veloso G. Which curve provides the best explanation of the growth in confirmed COVID-19 cases in Chile?. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2020;28:e3346. [Access   ]; Available in:  . DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.4493.3346>. mes día año

Introducción

La neumonía emergente COVID-19, causada por el SARS-CoV-2, exhibe una fuerte infectividad, pero menos virulencia, en comparación con el SARS-CoV-1 y el MERS-CoV, en términos de morbilidad y mortalidad. No es solo un virus de propagación de una persona a otras personas, sino que probablemente se propaga debido a que muchas personas se infectan en varios lugares a través de distintos mecanismos. Restringir el movimiento de personas, reducir el contacto, difundir información clave de prevención a alta frecuencia a través de múltiples canales, movilizar entes estatales y locales para responder rápidamente a la contingencia, puede ayudar en contener la pandemia⁽¹⁻⁵⁾.

El tamaño real de infectados es mucho mayor de lo que se ha informado en todo el mundo. La tasa de letalidad observada de COVID-19 se estima alrededor del 4,8% en todo el mundo, si bien esta tasa en Chile es baja, es posible que esta estimación sea errada debido a subestimación, porque los casos graves tienen más probabilidades de ser recogidos por las autoridades de salud, y a medida que aumentan los casos activos, el resorte sanitario no soporta la cantidad de demanda; y sobreestimación, considerando que la gran mayoría de los casos sin síntomas o con síntomas leves no son pesquisados⁽⁶⁻⁸⁾.

La pandemia de COVID-19 es una prueba internacional importante para la comunidad médica y científica, ya que revela debilidades en el manejo de enfermedades virales emergentes y nos recuerda que las enfermedades contagiosas nunca deben subestimarse. Además, ha puesto en tensión a los sistemas de salud debido a la virulencia y sobredemanda hospitalaria⁽⁹⁻¹⁰⁾.

Es fundamental entender la dinámica de transmisión de la infección, ya que podría determinar si las medidas de control de brotes están ejerciendo un efecto significativo. Las cifras de nuevos infectados dependen en gran medida de la efectividad de las medidas de control. Distintos gobiernos han incorporado rápidamente los hallazgos científicos recientes en las políticas públicas a nivel comunitario, regional y nacional para reducir la velocidad y/o evitar la mayor propagación del COVID-19. Las medidas de control como la cuarentena, las restricciones de viajes y la inspección de los aeropuertos para los viajeros se han implementado ampliamente para contener la propagación de infecciones. Sin embargo, la efectividad de estas medidas de contención para controlar el brote no es concluyente^(1,3,5-6,11).

Es recomendable necesario informar acerca de la actualidad de la pandemia en informes diarios que especifiquen pacientes hospitalizados y críticos con COVID-19 por parte de las entidades gubernamentales. No obstante, las estadísticas deben tener una lectura

cuidadosa, debido a que se está llevando a un pánico masivo sin soluciones organizadas relacionadas con la redistribución de recursos⁽¹²⁾.

Comprender las características epidemiológicas de la transmisión de COVID-19 en Chile es esencial para formular estrategias de control efectivas. Se plantea conocer el tipo de curva o modelo que pueda explicar mejor el comportamiento epidemiológico de los casos confirmados acumulados por COVID-19 y derivar las posibles causas que contribuyan a explicar el modelo correspondiente y las implicaciones sanitarias que se pueden inferir.

Método

Los datos fueron recogidos desde los informes COVID-19 del Departamento de Epidemiología del Ministerio de Salud de Chile (MINSAL). Los datos son de carácter público⁽⁷⁾.

Los datos fueron sometidos a estudios de ajustes de curva en cuatro modelos diferentes: cuadrático⁽¹³⁾, Exponencial⁽¹³⁻¹⁴⁾, Exponencial suavizado simple cuya fórmula es $[F_t = F_{(t-1)} + \alpha - A_{(t-1)}]$, donde F_t = nuevo pronóstico, $F_{(t-1)}$ = pronóstico anterior y $A_{(t-1)}$ = valor real del pronóstico anterior y Exponencial suavizado doble mediante el método de Holt con ajuste de tendencia $[FIT_t = F_t + T_t]$; donde FIT_t es el valor pronosticado; los componentes de esta fórmula son: $[F_t = F_{(t-1)} + \alpha (A_{(t-1)} - F_{(t-1)})]$ y $[T_t = \delta (F_t - F_{(t-1)}) + (1-\delta) T_t]$ ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾. Fueron estimados: el error porcentual absoluto medio (MAPE); la desviación absoluta de la media (MAD); la desviación cuadrática media (MSD). Criterio para elegir la mejor curva: valores pequeños de los errores. El indicador α es la ponderación utilizada en el componente de nivel de la estimación suavizada y δ es la ponderación que se utiliza en el componente de tendencia de la estimación suavizada (similar a un promedio móvil de las diferencias entre observaciones consecutivas)⁽¹⁵⁻¹⁶⁾. Para ajustar el nivel de suavización de los datos (eliminación de fluctuaciones irregulares) fue empleado el modelo ARIMA óptimo para la ponderación minimizando la suma de los residuos cuadrados⁽¹⁸⁻¹⁹⁾. El error absoluto de cada medición fue la diferencia (Δ) entre el valor real observado y el valor pronosticado de casos confirmados para un mismo día. Se estimaron la mediana y el rango intercuartílico, previa comprobación de normalidad de los errores absolutos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Fue empleado el programa Minitab 18.0®. El nivel de significación fue $\alpha \leq 0,05$.

Resultados

En la Figura 1 se presentan los resultados de la estimación de las ecuaciones de regresión de las curvas de los datos observados de casos confirmados, ajustados

y pronosticados en los modelos cuadrático, exponencial, exponencial simple suavizado y exponencial doble suavizado. Los valores de MAD, MAPE y MSD son menores en la curva exponencial doblemente suavizada, lo cual demuestra que la curva que más se ajusta a la evolución de los casos confirmados acumulados del COVID-19 en Chile es la anteriormente descrita.

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la estimación del valor pronosticado el día anterior de casos confirmados (con su correspondiente intervalo de confianza) y del resultado real de casos confirmados que ocurrió en el día pronosticado. Los resultados de casos confirmados reales difieren poco del valor pronosticado

(S-W= 0,907; mediana=53,2 y rango intercuartílico= 72,80) y, salvo algunas excepciones, el valor real se situó dentro del intervalo de confianza estimado para el día pronosticado.

En la Figura 2 y Tabla 2 se presentan los resultados de la estimación del pronóstico de casos confirmados a partir del 3 de marzo de 2020 hasta el 30 de agosto de 2020. Los valores de MAPE son los más bajos en la curva exponencial doblemente suavizada y también ocurre lo mismo con MAD y MSD, los cuales son bajos y aceptables. Se observa que los intervalos de confianza aumentan en la medida que se pronostica más adelante en el tiempo y, por tanto, el error de estimación aumenta⁽¹⁸⁾.

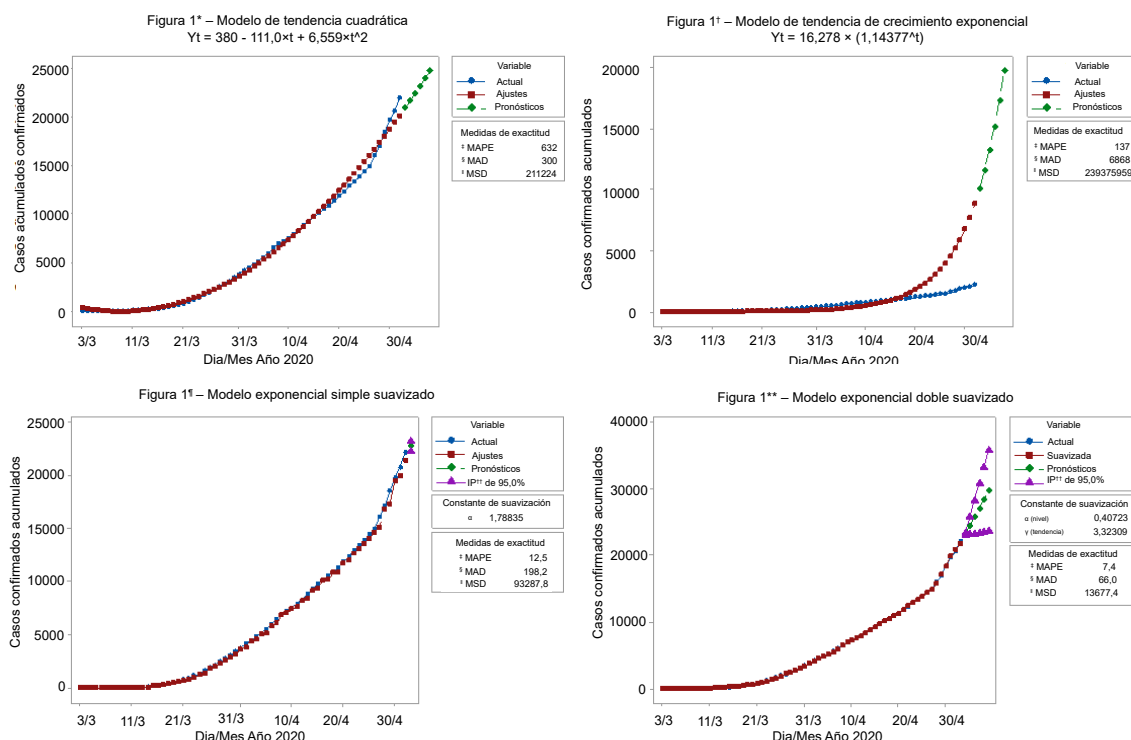


Figura 1* = Cuadrática; Figura 1+ = Exponencial; *MAPE = Error porcentual absoluto medio; *MAD = Desviación absoluta de la media; *MSD = Desviación cuadrática media. Figura 1# = Exponencial simple suavizado; Figura 1** = Exponencial doble suavizado; **IP = Intervalo de predicción

Figura 1 – Resultados de la estimación de las curvas de los datos observados de casos confirmados, ajustados y pronosticados, según modelo. Chile, 2020

Tabla 1 – Resultados de la estimación del valor pronosticado el día anterior de casos confirmados (con su correspondiente intervalo de confianza) y del resultado real de casos confirmados que ocurrió en el día pronosticado, mediante el método doble exponencial suave. Chile, 2020

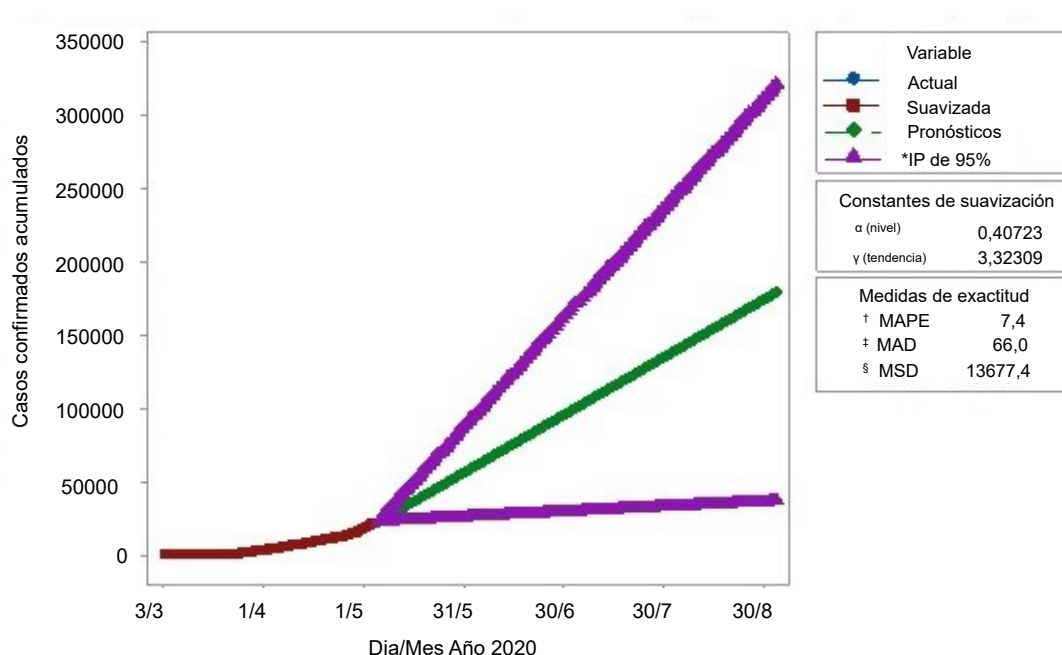
Período	Pronóstico [IC* 95%]	(CC†)
23-03-2020	763,25	746
24-03-2020	883,53	922
25-03-2020	1053,34	1142
26-03-2020	1360,68 [1269,68 ; 1451,69]	1306
27-03-2020	1428,48 [1338,48 ; 1518,48]	1610
28-03-2020	1823,25 [1660,25 ; 1987,12]	1909
29-03-2020	2172,58 [1985,46 ; 2359,70]	2139
30-03-2020	2421,80 [2222,44 ; 2621,16]	2449
31-03-2020	2726,89 [2516,05 ; 2937,74]	2738

(continúa...)

Tabla 1 – *continuación*

Período	Pronóstico [IC* 95%]	(CC†)
01-04-2020	3026,17 [2807,06 ; 3245,28]	3031
02-04-2020	3323,42 [3097,77 ; 3549,07]	3404
03-04-2020	3713,18 [3471,18 ; 3955,18]	3737
04-04-2020	4058,70 [3926,76 ; 4190,63]	4161
05-04-2020	4566,29 [4430,67 ; 4701,55]	4471
06-04-2020	4798,07 [4659,68 ; 4936,46]	4815
07-04-2020	5162,60 [5028,60 ; 5296,66]	5116
08-04-2020	5431,90 [5298,90 ; 5564,91]	5546
09-04-2020	5934,95 [5797,49 ; 6072,42]	5972
10-04-2020	6376,54 [6240,11 ; 6512,67]	6501
11-04-2020	6986,93 [6844,31 ; 7129,54]	6927
12-04-2020	7368,19 [7226,58 ; 7509,80]	7213
13-04-2020	7554,50 [7405,20 ; 7703,70]	7525
14-04-2020	7865,82 [7718,89 ; 8012,80]	7917
15-04-2020	8297,20 [8151,20 ; 8443,10]	8273
16-04-2020	8627,80 [8484,48 ; 8771,10]	8807
17-04-2020	9281,20 [9112,70 ; 9332,80]	9252
18-04-2020	9703,80 [9608,90 ; 9798,70]	9730
19-04-2020	10198,50 [10104,50 ; 10292,60]	10088
20-04-2020	10492,60 [10394,90 ; 10590,20]	10507
21-04-2020	10920,00 [10823,90 ; 11016,40]	10832
22-04-2020	11193,90 [11095,50 ; 11292,30]	11296
23-04-2020	11711,30 [11610,90 ; 11812,40]	11812
24-04-2020	12283,70 [12179,50 ; 12387,90]	12306
25-04-2020	12786,80 [12686,50 ; 12893,00]	12858
26-04-2020	13384,20 [13280,20 ; 13488,20]	13331
27-04-2020	13826,10 [13721,60 ; 13923,50]	13813
28-04-2020	14300,60 [14197,40 ; 14403,80]	14365
29-04-2020	14888,50 [14784,40 ; 14992,70]	14885
30-04-2020	15406,40 [15303,90 ; 15508,90]	16023
01-05-2020	17006,90 [16873,40 ; 17140,50]	17008
02-05-2020	18356,20 [18224,90 ; 18487,60]	18435
03-05-2020	19885,00 [19720,50 ; 19989,50]	19663
04-05-2020	20976,10 [20837,80 ; 21114,40]	20643
05-05-2020	21554,60 [21404,30 ; 21704,90]	22016

*IC = Intervalo de confianza; †CC = Casos confirmados



*IP = Intervalo de predicción; †MAPE = Error porcentual absoluto medio; ‡MAD = Desviación absoluta de la media; §MSD = Desviación cuadrática media

Figura 2 – Resultados de la estimación de los casos confirmados del presente al 30 de agosto de 2020 (Pronóstico). Chile, 2020

Tabla 2 – Resultados de la estimación de los casos confirmados del presente al 30 de agosto de 2020, fechas seleccionadas (Pronósticos) mediante el modelo doble exponencial suave. Chile, 2020

Período	Pronóstico	LI* - IC†	LS‡ - IC†
06-05-2020	23083	22921	23245
07-05-2020	24391	23074	25708
08-05-2020	25699	23193	28204
09-05-2020	27006	23310	30703
10-05-2020	28314	23427	33201
11-05-2020	29622	23544	35700
12-05-2020	30930	23661	38199
13-05-2020	32238	23778	40698
14-05-2020	33546	23895	43197
15-05-2020	34854	24012	45696
16-05-2020	36162	24129	48195
17-05-2020	37469	24245	50693
18-05-2020	38777	24362	53192
19-05-2020	40085	24479	55691
20-05-2020	41393	24596	58190
21-05-2020	42701	24713	60689
22-05-2020	44009	24829	63188
23-05-2020	45317	24946	65687
24-05-2020	46625	25063	68186
25-05-2020	47932	25180	70685
26-05-2020	49240	25296	73184
27-05-2020	50548	25413	75683
28-05-2020	51856	25530	78182
29-05-2020	53164	25647	80681
30-05-2020	54472	25763	83180
10-06-2020	68858	27048	110669
20-06-2020	81937	28215	135659
30-06-2020	95016	29383	160649
10-07-2020	108094	30551	185638
20-07-2020	121173	31718	210628
30-07-2020	134252	32886	235618
10-08-2020	148638	34170	263107
20-08-2020	161717	35337	288097
30-08-2020	174796	36505	313087

*LI: Límite Inferior; † IC: Intervalo de confianza; ‡ LS: Limite Superior

Discusión

El progreso de la pandemia por COVID-19 en Chile se ajusta adecuadamente a un modelo y estudiamos su capacidad predictiva. Mediante el análisis de las características epidemiológicas y la dinámica de transmisión de una enfermedad infecciosa emergente, se obtiene la clave para el control exitoso de los brotes mediante estrategias de mitigación⁽⁶⁾.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha indicado que la relajación de las restricciones no supone el fin de la epidemia en ningún país. Acabar con la epidemia exigirá un esfuerzo sostenido de las personas, las comunidades y los gobiernos para seguir combatiendo y controlando el virus. Se recomienda la vigilancia activa

para detectar de forma temprana los casos y aislarlos, localizar con rapidez a las personas que han estado en contacto con los casos y hacer un seguimiento de ellas para que los pacientes puedan acceder rápidamente a la atención clínica. Si no se lograsen ninguno de estos puntos, toda medida o indicación será ineficaz para contener la pandemia. Chile no ha reportado los indicadores de contactos notificados ni el indicador de resultados de exámenes entregados antes de 24 horas. Se están notificando, sin precisar tiempo. Tampoco existen estadísticas de cumplimiento de cuarentenas o altas supervisadas de pacientes confirmados^(1,7,20-21).

La OMS ha proporcionado apoyo para la realización de estudios epidemiológicos de seroprevalencia, donde se sugiere que el porcentaje de población infectada

con anticuerpos puede ser relativamente pequeño (2-3%), desconociendo por cuanto tiempo perdure esa inmunidad⁽²⁰⁾.

El modelo matemático de un proceso cualquiera intenta describir sus componentes básicos e intenta predecir algunas tendencias generales, pero jamás podrá realizar una descripción y predicción exacta⁽²²⁾. Varias causas lo impiden en un contexto epidemiológico: a) ningún modelo puede incluir todas las variables que influyen en un proceso; b) existen variables desconocidas y no pueden ser incorporadas en la predicción; c) tales variables dependen de condiciones y naturaleza específica del virus, de las condiciones sociales en que viven las personas y del estado inmunológico que se encuentra un paciente en particular; d) de la estructura socio-económica de un país; e) de las capacidades del sistema de salud en un momento dado, f) de una inteligente política sanitaria que un país podría implementar para prevenir el contagio y tomar las medidas más adecuadas para atenuar al máximo el impacto del proceso asociado a estos contagios; g) de la inteligencia y nivel de conocimientos científicos que tengan sus autoridades en todos los niveles; h) su capacidad de aprendizaje de experiencias observadas en otras partes del mundo. El conocimiento de estas variables y su consecuente modificación "exprofeso" de todas o algunas de estas variables va a modificar de una manera positiva o negativa la velocidad de contagio. Por tanto, esta velocidad y las derivaciones específicas de la naturaleza de todas ellas hacen imposible crear un pronóstico exacto del futuro. De modo que el modelo presentado aquí sólo puede proporcionar una base para obtener un mecanismo de comprensión, bajo el tipo de circunstancias, restricciones y condiciones poblacionales actuales. Todos estos aspectos limitan la capacidad predictiva y hay que estar atentos a cambios en los factores determinantes que puedan constituir la causa que obligue a cambio del modelo para explicar el comportamiento de la pandemia. Uno de los aspectos trascendentales en epidemiología es intentar la predicción de la evolución de las enfermedades infecciosas. Este intento se realiza habitualmente mediante modelos que consideran el progreso de casos en el tiempo en cierto lugar, transmisibilidad, (entre otras causas). Sin embargo, estos no incluyen las características específicas de la población afectada⁽²³⁻²⁵⁾.

La experiencia de países europeos que indicaron medidas de intervención poblacionales específicas demostró que la desaceleración de la incidencia se logra cuando se alcanza un porcentaje o masa crítica de casos confirmados, respecto a la población general. Como en los casos de: Austria (0,12%), Noruega (0,12%), Países Bajos (0,13%), Alemania (0,14%), Francia

(0,15%), Dinamarca (0,15%), Suiza (0,17%), Reino Unido (0,18%), Portugal (0,18%), Islandia (0,18%), Suecia (0,20%), España (0,21%) e Italia (0,21%). Se estima que la desaceleración de la incidencia en Chile se cumpliría cuando se alcancen en promedio los 31,527 (D.S.=12,160) casos confirmados. Esto es el día 13 de mayo de 2020 (10 de mayo y 19 de julio). Es imprescindible mencionar que los casos activos en Chile representan el 47,04% (D.S.=1,96) de los casos confirmados, al 05 de mayo 2020. La propensión de este porcentaje debería tender a la baja gradual y lenta según la experiencia internacional, pero está estancado hace 13 días entre el 45-50%. Probablemente esta situación de estancamiento se deba a que las estrategias de salud pública y comportamiento poblacional no son equivalentes a la de los países mencionados⁽²⁶⁻³⁸⁾.

Chile debe permanecer atento y ajustar las estrategias en torno a las medidas de prevención y control, esto es mejorar la acción en términos sanitarios, robustecer los sistemas de vigilancia y la infraestructura en salud pública para proporcionar detección temprana y respuesta rápida. Esperamos por el bien de la salud chilena que el soporte de la infraestructura y activos sanitarios logren los resultados en términos de efectividad y no suponga un problema de necesidades y recursos. Al mismo tiempo, se deben hacer preparativos de emergencia en respuesta a un brote más grave que pueda ocurrir^(1,6).

El monitoreo de parámetros sencillos pero a su vez críticos sobre el comportamiento de pacientes en Unidad de Paciente Crítico (UPC) nos permite tener información crítica para conocer a estos parámetros y la evolución según la gravedad de estos, proporcionando informaciones para el planteamiento de estrategias de control, intervención y mitigación. El uso actual de UPC para pacientes COVID-19 representa en promedio el 17,10% (D.S.=1,35) del total de UPC disponibles en Chile. Si el país alcanza los 20.111 casos activos (42.751 casos confirmados, según la proporción caso activo/caso confirmado), el número de UPC no serán los suficientes para pacientes COVID-19 y este soporte sanitario colapsaría. Esto ocurriría el día 22 de mayo de 2020. Este cálculo considera el número actual de UPC disponibles en Chile: 3.264 y los porcentajes promedios en Chile del uso de UPC en pacientes COVID-19 que es de 8,28% (D.S.=1,06) y del uso de UPC en pacientes no COVID-19 que es de 48,96% (D.S.=1,74)⁽³⁹⁻⁴¹⁾. Si el número de UPC se mantiene constante y no ocurre la desaceleración de la incidencia (pues entra en el margen de error de la predicción) más el descenso de la proporción caso activo/caso confirmado, el escenario del colapso de UPC es probable.

El soporte ventilatorio corresponde a la piedra angular del manejo de los sujetos con insuficiencia respiratoria por COVID-19. El uso actual de ventilación mecánica invasiva (VMI) para pacientes COVID-19 representa en promedio el 18,48% (D.S.=1,22) del total de ventiladores mecánicos (VM) disponibles en Chile. Si el país alcanza los 28.423 casos activos (60.418 casos confirmados, según la proporción caso activo/caso confirmado), los VM no serán suficientes para las necesidades ventilatorias de pacientes COVID-19 y este soporte sanitario colapsaría. Esto ocurriría el día 04 de junio de 2020. Este cálculo considera el número actual de VM disponibles en Chile: 1.825 y los porcentajes promedios en Chile del uso de VMI en pacientes COVID-19 que es de 5,01% (D.S.=0,67) y del uso de VMI en pacientes no COVID-19 que es de 21,91% (D.S.=1,17)⁽⁴¹⁻⁴²⁾. Si el número de VM se mantiene constante y no ocurre la desaceleración de la incidencia (pues entra en el margen de error de la predicción) más el descenso de la proporción caso activo/caso confirmado, el escenario de fracaso sanitario por ausencia de VM es plausible, aunque menos probable que el de colapso de UPC.

Esta predicción modelada es tentativa y depende de que se mantengan todas las variables intervinientes de forma constante, sin duda que cualquier alteración modificará la predicción, por lo tanto, se debe monitorear diariamente las variaciones, aunque no presenta fallas considerables y de peso con la realidad actual. Las predicciones de este modelo han sido buenas y tienen un coeficiente de seguridad que permite calcular con cierta holgura las necesidades de salud pública que podrían requerir la atención de los casos que van produciendo. Esta información es relevante a la hora de decidir medidas de contención de una epidemia. El adecuado ajuste y buena capacidad predictiva de este modelo permite proponerlo como un método epidemiológico para seguir y predecir el avance de enfermedades infecciosas a la situación local, por ejemplo, regiones, provincias y comunas⁽⁴³⁾.

Nuestro enfoque tiene limitaciones. Este estudio se basó en los casos informados por MINSAL y tiene los sesgos propios de la confirmación e información de casos, la cual puede ir retrasada respecto a la ocurrencia de los casos, del retraso en la presentación sintomática resultante del período de incubación y la alta proporción de casos no notificados como resultado de la capacidad limitada de detección y prueba. Por lo demás, las fuentes de datos pueden estar sesgadas, incompletas o solo capturar ciertos aspectos, versus otros que puedan ser igualmente relevantes como: patologías crónicas, factores de riesgo, estado nutricional, entre otros.

Este análisis no necesariamente representa la situación real de los casos ya que excluyen casos

confirmados en laboratorios no considerados por los sistemas de vigilancia y casos subclínicos. Este modelo tampoco considera variaciones por cambios estacionales, agregación social, etc. Además, es dependiente de la adición de nuevos VM a la red de salud. Este análisis de características epidemiológicas proporciona información importante sobre el comportamiento de COVID-19 para proponer estrategias de control efectivas en todos los niveles de las atenciones en salud⁽⁷⁾.

Conclusión

El tipo de curva que mejor explica el comportamiento del COVID-19 en Chile es una curva exponencial doblemente suavizada. De este modelo se deriva que el número de contagiados seguirá en aumento. El número de casos confirmados crecerá más fuerte y en poco tiempo, si es que el comportamiento poblacional y las medidas desde el ente rector de salud no son congruentes al tamaño de esta emergencia de salud pública internacional. Esperamos que los resultados se proporcionen al personal médico y a los encargados de tomar decisiones en salud. Se recomienda que en ningún caso se relajen las restricciones y mejorar la vigilancia epidemiológica, pues no es el fin de la pandemia.

Referencias

1. Epidemiology Working Group for NCIP Epidemic Response, Chinese Center for Disease Control and Prevention. The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) in China. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi*. 2020 Feb;41(2):145-51. doi: 10.3760/cma.j.isn.0254-6450.2020.02.003
2. Guo YR, Cao QD, Hong ZS, Tan YY, Chen SD, Jin HJ, et al. The origin, transmission and clinical therapies on coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak - an update on the status. *Mil Med Res*. 2020 Mar;7(1):11. doi: 10.1186/s40779-020-00240-0
3. Adhikari SP, Meng S, Wu YJ, Mao YP, Ye RX, Wang QZ, et al. Epidemiology, causes, clinical manifestation and diagnosis, prevention and control of coronavirus disease (COVID-19) during the early outbreak period: a scoping review. *Infect Dis Poverty*. 2020 Mar 17;9(1):29. doi: 10.1186/s40249-020-00646-x
4. World Health Organization. Novel Coronavirus-Japan (ex-China). [Internet] Geneva: WHO; 2020 [cited Feb 1, 2020]. Available from: <https://www.who.int/csr/don/17-january-2020-novel-coronavirus-japan-ex-china/en/>
5. Rothan HA, Byrareddy SN. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19)

- outbreak. *J Autoimmun.* 2020 Feb;102433. doi: 10.1016/j.jaut.2020.102433
6. Park M, Cook AR, Lim JT, Sun Y, Dickens BL. A Systematic Review of COVID-19 Epidemiology Based on Current Evidence. *J Clin Med.* 2020 Mar;9(4). pii: E967. doi: 10.3390/jcm9040967
7. Departamento de Epidemiología. Ministerio de Salud (Chile). Situación Epidemiológica COVID-19. [Internet]. 2020 [Acceso 1 feb 2020]. Disponible en: http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2020/04/Informe_27_COVID_19_Chile.pdf
8. World Health Organization. COVID-19 Dashboard. [Internet]. 2020 [cited Apr 22, 2020]. Available from: <https://who.sprinklr.com/>
9. Kolifarhood G, Aghaali M, Mozafar Saadati H, Taherpour N, Rahimi S, Izadi N, et al. Epidemiological and Clinical Aspects of COVID-19; a Narrative Review. *Arch Acad Emerg Med.* [Internet]. 2020 Apr [cited Apr 22, 2020];8(1):e41. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7117787/pdf/aaem-8-e41.pdf>
10. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) Pandemic. [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [cited Apr 28, 2020]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
11. Kucharski AJ, Russell TW, Diamond C, Liu Y, Edmunds J, Funk S, et al. Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis* 2020; doi:10.1016/S1473-3099(20)30144-4
12. McCullough PA, Eidt J, Rangaswami J, Lerma E, Tumlin J, Wheelan K, et al. Urgent need for individual mobile phone and institutional reporting of at home, hospitalized, and intensive care unit cases of SARS-CoV-2 (COVID-19) infection. *Rev Cardiovasc Med.* 2020 Mar;21(1):1-7. doi: 10.31083/j.rcm.2020.01.42
13. Canavos GC. Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos. Madrid: McGraw-Hill; 1988. Capítulo 14, p.538-47.
14. Piskunov N. Cálculo Diferencial e Integral. 2.ed. Moscú: Editorial MIR; 1977. pp. 253-67.
15. Mauricio JA. Introducción al Análisis de Series Temporales. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2007 [Acceso 22 abr 2020]. pp. 125-137. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/518-2013-11-11-JAM-IAST-Libro.pdf>
16. Taylor JK, Cihon C. Statistical Techniques for Data Analysis. 2.ed. Miami: Chapman & Hall/CRC; 2004. p. 174-99.
17. Holt CC. Forecasting Seasonals and Trends by Exponentially Weighted Moving Averages. Pittsburgh, Carnegie Institute of Technology; 1957.
18. Villarreal F. Introducción a los modelos de pronósticos. [Internet] Bahia Blanca: Universidad Nacional del Sur; 2016 [Acceso 1 feb 2020]. Disponible en: https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion_a_los_Modelos_de_Pronosticos.pdf
19. Jiménez JF, Gázquez JC, Sánchez R. la capacidad predictiva en los métodos de Box-Jenkins y Holt-Winters: una aplicación al sector turística. *Rev. Eur. Dir. Econ. Empres.* [Internet]. 2006 [Acceso 1 feb 2020];15(3):185-219, Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2150087.pdf>
20. World Health Organization. Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 20 April 2020. [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [cited Apr 22, 2020]. Available from: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---20-april-2020>
21. World Health Organization. Updated WHO recommendations for international traffic in relation to COVID-19 outbreak. [Internet]. Geneva: WHO; 2020 [cited Apr 22, 2020]. Available from: https://www.who.int/ith/2019-nCoV_advice_for_international_traffic-rev/es/
22. Díaz V, Calzadilla A, López H. 2005. Una aproximación al concepto de Hecho Científico Cinta Moebio. [Internet]. 2005 [Acceso 1 feb 2020];22:100-11, Disponible en: www.moebio.uchile.cl/22/diaz.html
23. Moarefian M, Pascal JA, Fundamental mathematical model shows that applied electrical field enhances chemotherapy delivery to tumors. *Math Biosci.* 2016;272:1-5. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mbs.2015.11.003>
24. Salim F, Ioannidis M, Górecki T. Experimentally validated mathematical model of analyte uptake by permeation passive samplers. *Environ Sci Process Impacts.* 2017 Nov;19(11):1363-73. doi: 10.1039/c7em00315c.
25. Canals L Mauricio, Canals C Andrea. Percolación de la epidemia de influenza AH1N1 en el mundo: Utilidad de los modelos predictivos basados en conectividad espacial. *Rev Med. Chile.* [Internet]. 2010 Mayo;138(5):573-80. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872010000500007>
26. Robert Koch Institute .COVID-19 in Germany. [Internet]. 2020 [cited Apr 22, 2020]. Available from: https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Fallzahlen.html
27. Infection au nouveau Coronavirus (SARS-CoV-2), COVID-19, France et Monde. [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-et-infections-respiratoires/infection-a->

- coronavirus/articles/infection-au-nouveau-coronavirus-sars-cov-2-covid-19-france-et-monde
28. Department of Health and Social Care and Public Health (England) Number of coronavirus (COVID-19) cases and risk in the UK. [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: <https://www.gov.uk/guidance/coronavirus-covid-19-information-for-the-public>
29. Federal Office of Public Health (Switzerland). New coronavirus. [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: <https://www.bag.admin.ch/bag/en/home/krankheiten/ausbrueche-epidemien-pandemien/aktuelle-ausbrueche-epidemien/novel-cov.html>
30. Ministerio de Sanidad (España). Situación de COVID-19 en España. [Internet]. 2020 [Acceso mayo 2020]. Disponible en: <https://covid19.isciii.es/>
31. Ministério da Saúde (Portugal). Direção-Geral da Saúde. Disponibilização de Dados. [Internet]. 2020 [Acesso 5 mai 2020]. Disponível em: <https://covid19.min-saude.pt/disponibilizacao-de-dados/>
32. Ministero della Salute (Italia). Covid-19, i casi in Italia il 28 aprile ore 18. [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: <http://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/dettaglioNotizieNuovoCoronavirus.jsp?lingua=italiano&menu=notizie&p=dalministero&id=4632>
33. Directorate of Health (Iceland). COVID-19 in Iceland – Statistics. [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: <https://www.covid.is/data>
34. Republic of Austria. Federal Ministry Social Affairs, Health, Care and Consumer Protection. Official COVID-19 Dashboard – Explanatory Notes [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: <https://www.sozialministerium.at/en/Coronavirus/Official-COVID-19-Dashboard---Explanatory-Notes.html>
35. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Current information about COVID-19 (novel coronavirus) [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: <https://www.rivm.nl/coronavirus-covid-19/actueel>
36. Folkehelseinstituttet. Daily reports about coronavirus disease (COVID-19). [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: <https://www.fhi.no/sv/smittsomme-sykdommer/corona/dags--og-ukerapporter/dags--og-ukerapporter-om-koronavirus/>
37. Folkhälsomyndigheten. Bekräftade fall i Sverige – daglig uppdatering. [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/utbrott/aktuella-utbrott/covid-19/bekraftade-fall-i-sverige>
38. Sundhedsstyrelsen. COVID-19 update: statistics and charts. [Internet]. 2020 [cited May 5, 2020]. Available from: https://www.sst.dk/da/corona-eng/COVID-19-update_-statistics-and-charts
39. Haniffa R, Isaam I, De Silva AP, Dondorp AM, De Keizer NF. Performance of critical care prognostic scoring systems in low and middle-income countries: a systematic review. *Crit Care*. 2018 Jan;22(1):18. doi: 10.1186/s13054-017-1930-8
40. Wild C, Narath M. Evaluating and planning ICUs: methods and approaches to differentiate between need and demand. *Health Policy*. 2005 Mar;71(3):289-301. doi: <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2003.12.020>
41. Sociedad Chilena de Medicina Intensiva. Encuesta diaria realidad nacional intensivo 05 de Mayo. [Internet]. 2020 [Acceso 5 mayo 2020]. Disponible en: https://www.medicina-intensiva.cl/site/covid/img/noticias/informe_02MAY2020.pdf
42. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación (Chile). Datos COVID-19. [Internet]. 2020 [Acceso 5 mayo 2020]. Disponible en: <http://www.minciencia.gob.cl/covid19>
43. Canals L Mauricio. Predictibilidad a corto plazo del número de casos de la influenza pandémica AH1N1 basada en modelos determinísticos. *Rev Chil Infectol*. [Internet]. 2010 Abr;27(2):119-25. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182010000200003>


Recibido: 22.04.2020

Aceptado: 11.05.2020

Editor Asociado:
Ricardo Alexandre Arcêncio

Copyright © 2020 Revista Latino-Americana de Enfermagem
Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY.

Esta licencia permite a otros distribuir, mezclar, ajustar y construir a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre que le sea reconocida la autoría de la creación original. Esta es la licencia más servicial de las ofrecidas. Recomendada para una máxima difusión y utilización de los materiales sujetos a la licencia.

Autor de correspondencia:
David San Martín-Roldán
E-mail: dasanmaro@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-3208-8823>