

# INFORME COVID-19

Chile al 14.06.2020

Mauricio Canals L. (Escuela de Salud Pública Universidad de Chile)

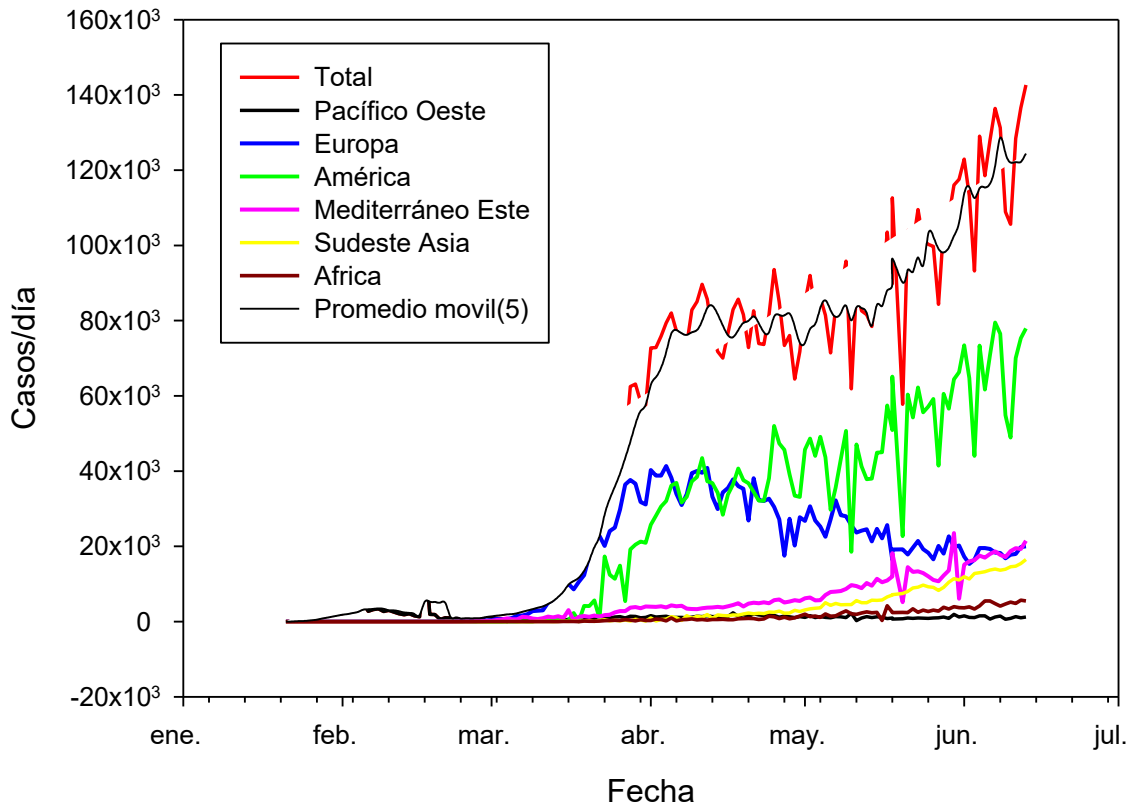
Andrea Canals C. (Escuela de Salud Pública Universidad de Chile, Dirección Académica Clínica Santa María)

Cristóbal Cuadrado (Escuela de Salud Pública Universidad de Chile)

Escuela  
de Salud  
Pública

DR. SALVADOR ALLENDE  
UNIVERSIDAD DE CHILE

## 1. Evolución COVID-19 en el mundo



**Figura 1. Evolución de casos diarios en el mundo**

Se puede observar que el descenso de Europa se ha enlentecido aún más teniendo un “plateau” largo en los últimos días. Con una regresión lineal del descenso, desde el peak ( $R^2 = 0,78$ ,  $F_{1,69} = 243,8$ ,  $p \ll 0,01$ ), se estima un “término” aproximadamente al 29 de Julio. Se puede ver que el tiempo estimado para el término se ha ido extendiendo, ya que el decaimiento parece ser exponencial con tasa baja. América sigue ascendiendo, y ahora la importancia del Mediterráneo Oriental es levemente mayor que Europa, y algo similar sucede con el Sudeste de Asia.

Preocupan entonces:

- 1) Aún se aprecia un aumento en el número de casos/día en el mundo.
- 2) La cantidad de casos en América sigue siendo muy alta.
- 3) El descenso de Europa es muy lento.
- 4) El sudeste de Asia y el Mediterráneo Oriental siguen con una curva ascendente que podría desencadenar una nueva “ola”.

- 5) Los bajos porcentajes de seroprevalencia (5% España, Estudio ENE-COVID; 2,9% Chile, resultado preliminar estudio UDD) implican que hay gran cantidad de susceptibles aún, por lo que podría haber nuevos brotes.
- 6) La forma e importante irregularidad de las curvas disminuyen la predictibilidad y modelación de la evolución de la pandemia.

### **Evolución de la letalidad en el mundo**

La letalidad cruda (sin corregir por retraso) es 5,6% sobre casos reportados.

## 2. Evolución COVID-19 en Chile al 14 de junio de 2020

Hoy se informan un total de **174.293 infectados**, con **6.938 casos nuevos**. Se estiman **27.266 activos**. El total de **fallecidos: 3.323**. Esto eleva las tasas de “incidencia acumulada” de casos y muertes reportadas hoy: Chile 913 casos/cien mil y 17,34 muertes/cien mil (usando Poblacion de Chile = 19.098.423 personas). Observamos que la población de Chile corresponde al 0,27% de la población mundial. Los casos hoy representan (174.293/7.553.182) el **2,31% de los casos totales** (8,55 veces lo esperado por población) y los fallecidos (3.323/ 142.672) un **2,34% del total de fallecidos** (2,31/0,27= 8,63 veces lo esperado por población). Esto es aún más serio si se considera que en Chile, el 80,56% (140.398/174.293) de los casos se originan en la RM, que sólo tiene alrededor de 7 millones de habitantes (0,1% de la población mundial, representando (140.398/7.553.182) el 1,86% de todos los casos (18,59 veces los esperado por tamaño poblacional).

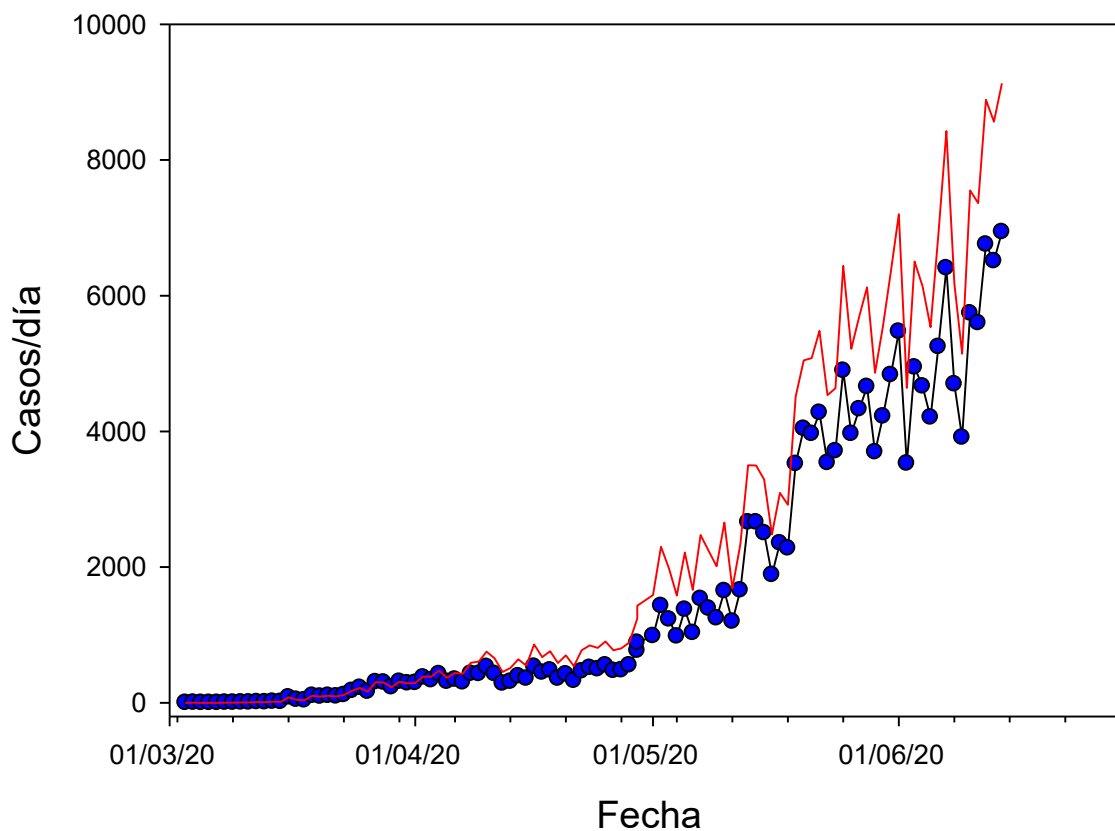
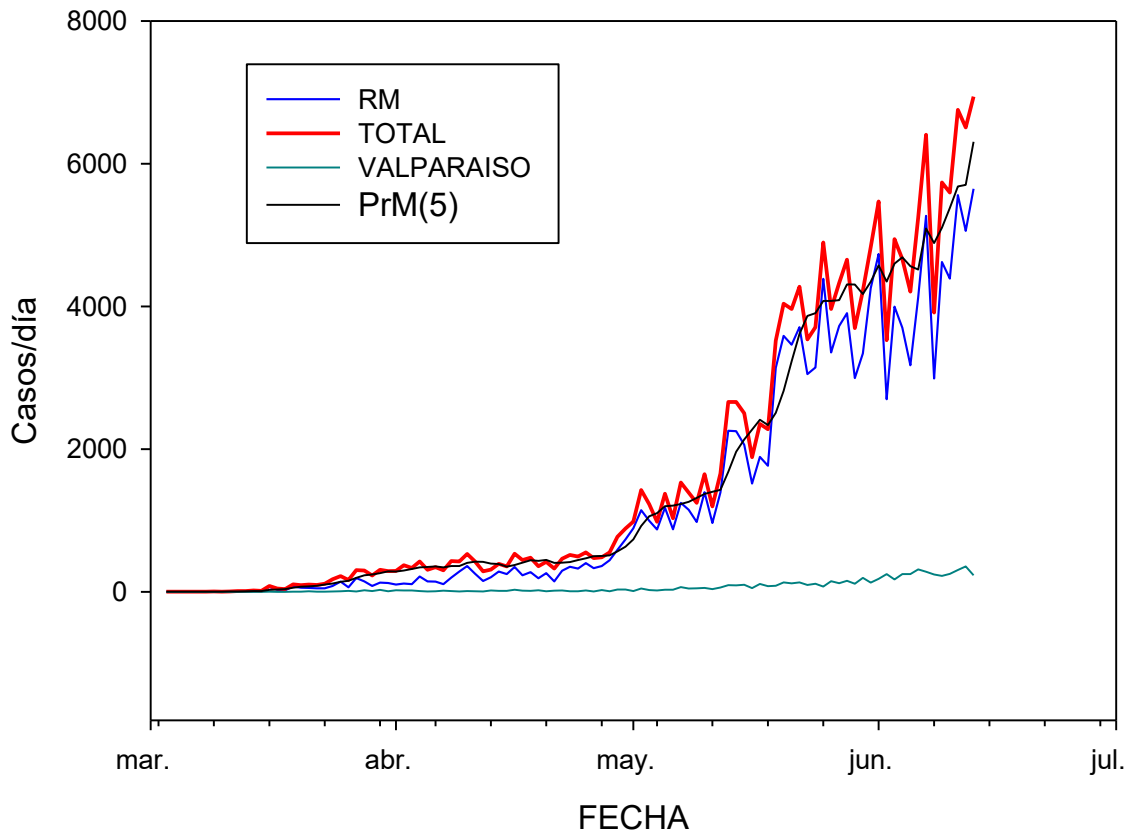


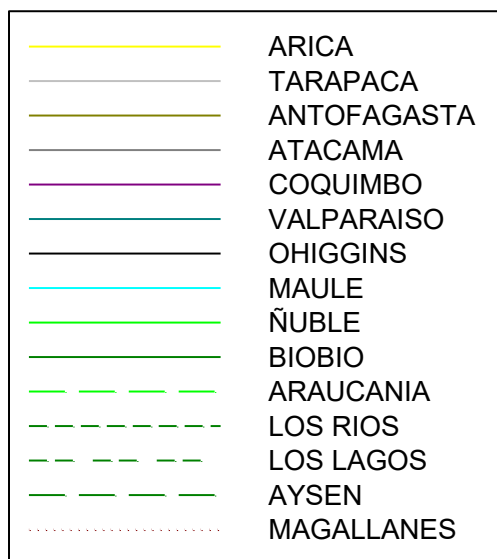
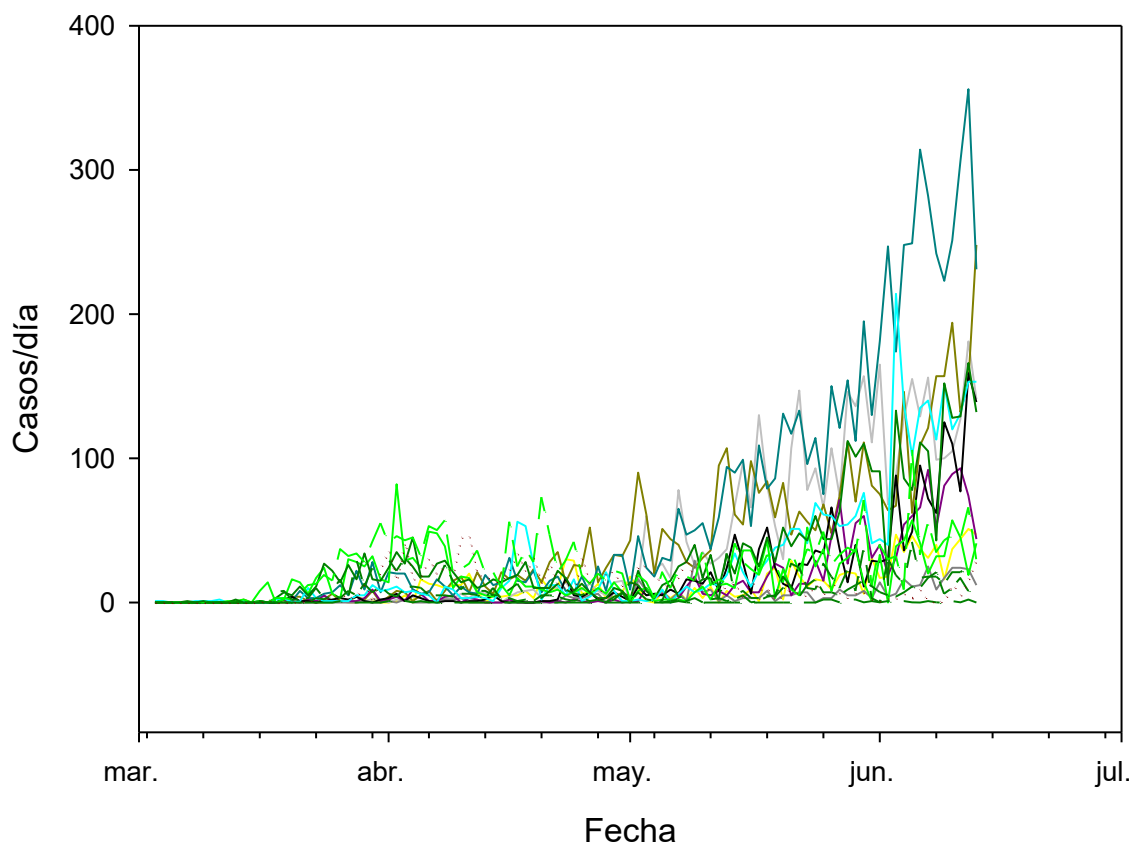
Figura 2. Casos nuevos reportados diarios (MINSAL)

El  $R$  efectivo calculado por método Bayesiano de Cori et al. 2014 de hoy para Chile usando los últimos 14 días se encuentra entre **1,08 y 1,20** (IC<sub>0,95</sub>). Usando  $\tau = 5$  días (3-7 días) el valor de  $R_e$  es igual a **1,14**.

Si consideramos todo el proceso desde el primer día (considerando 14 días), el  $R_0$  es igual a **2,36**, sin diferencia con el resto del mundo IC<sub>0,95</sub>[1,72-3,52].

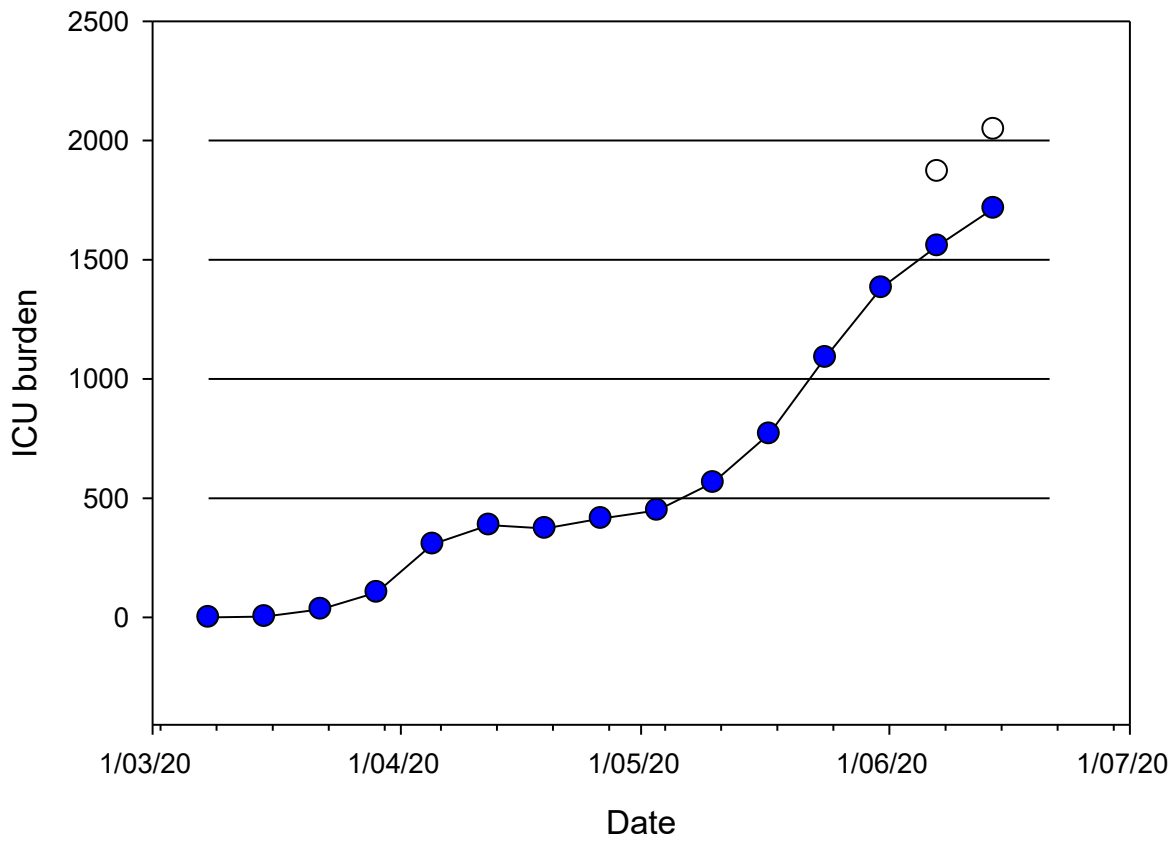


**Figura 3. Contribución de los casos de la RM al total**



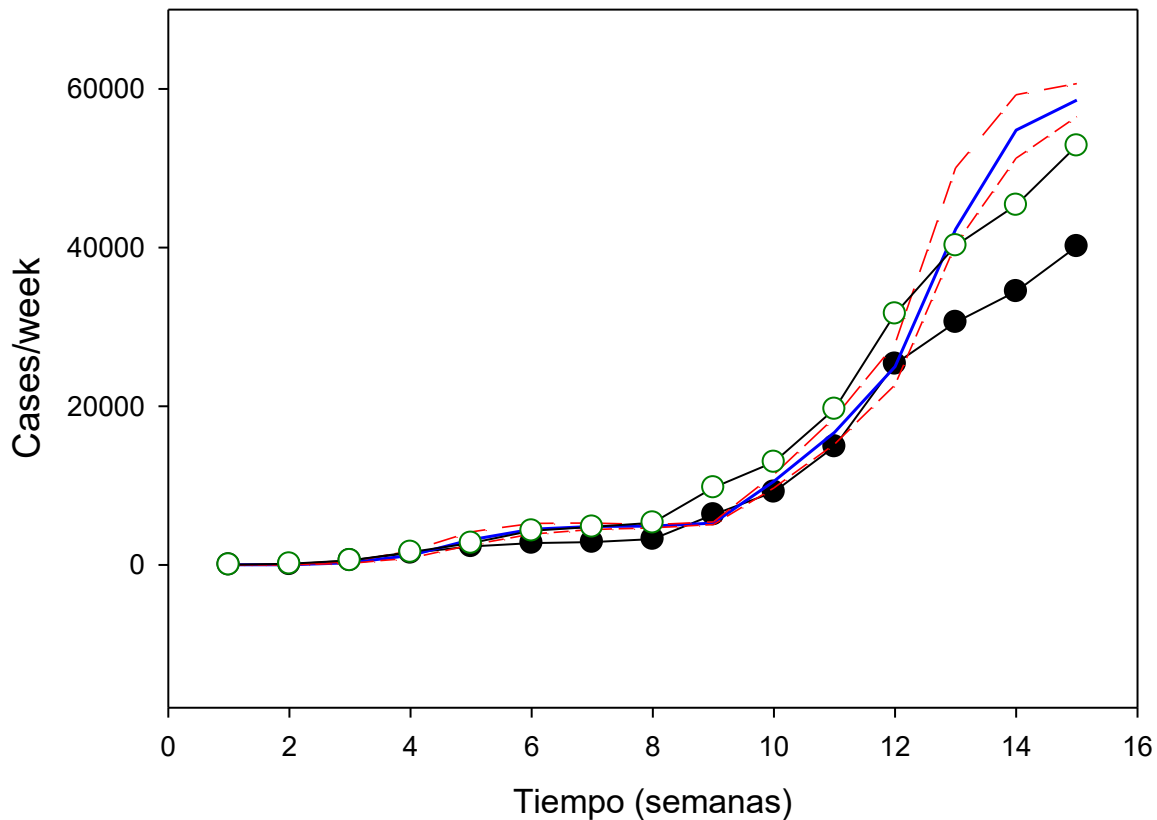
**Figura 4. Evolución de los casos en Regiones**

Se puede observar que la epidemia **sigue centrada en la RM**. Sigue la **tendencia exponencial de los casos en Valparaíso** e importante número de casos en **Tarapacá, Antofagasta, Maule y BioBío**. Notamos que estas regiones tienen ciudades de alta densidad poblacional. Se ha instaurado cuarentena en gran parte de Valparaíso.

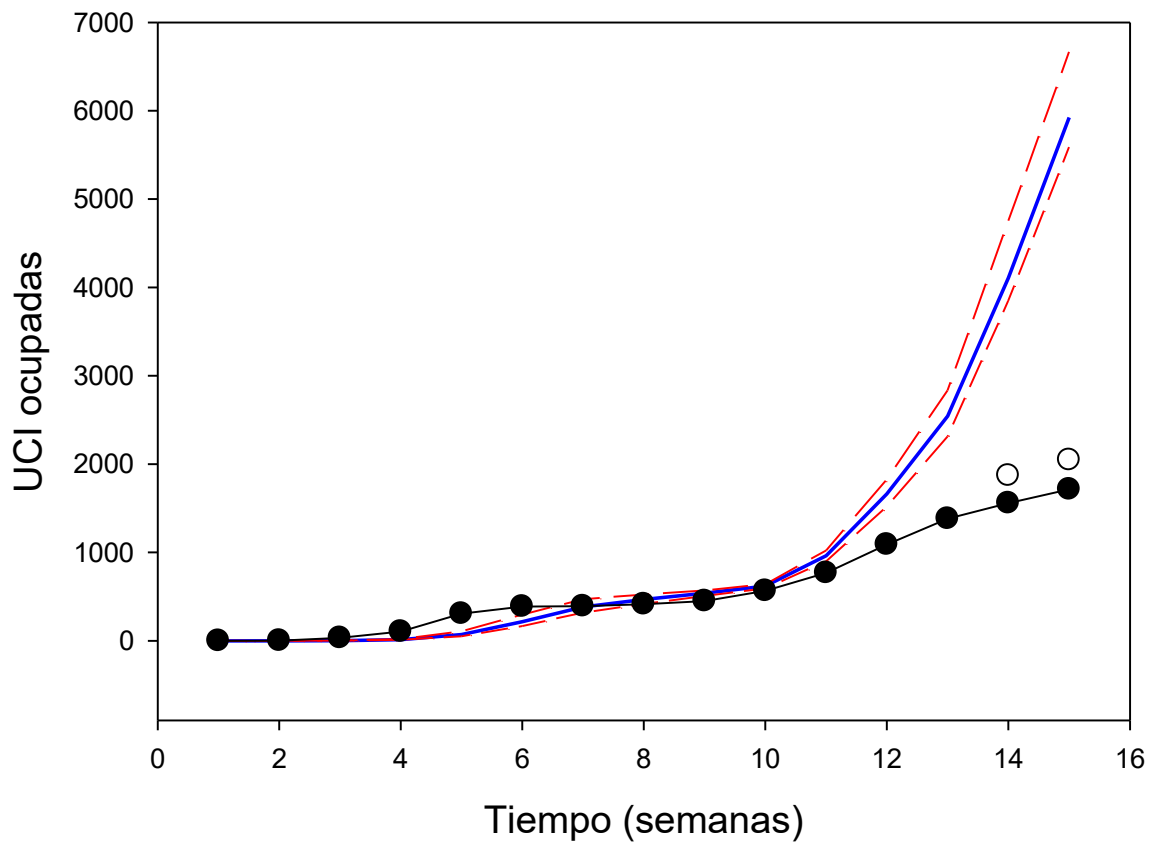


**Figura 5. Evolución de la ocupación UCI. Círculo blanco indica UCI + pacientes ventilados fuera de UCI (332 casos, SOCHIMI 13 de junio)**

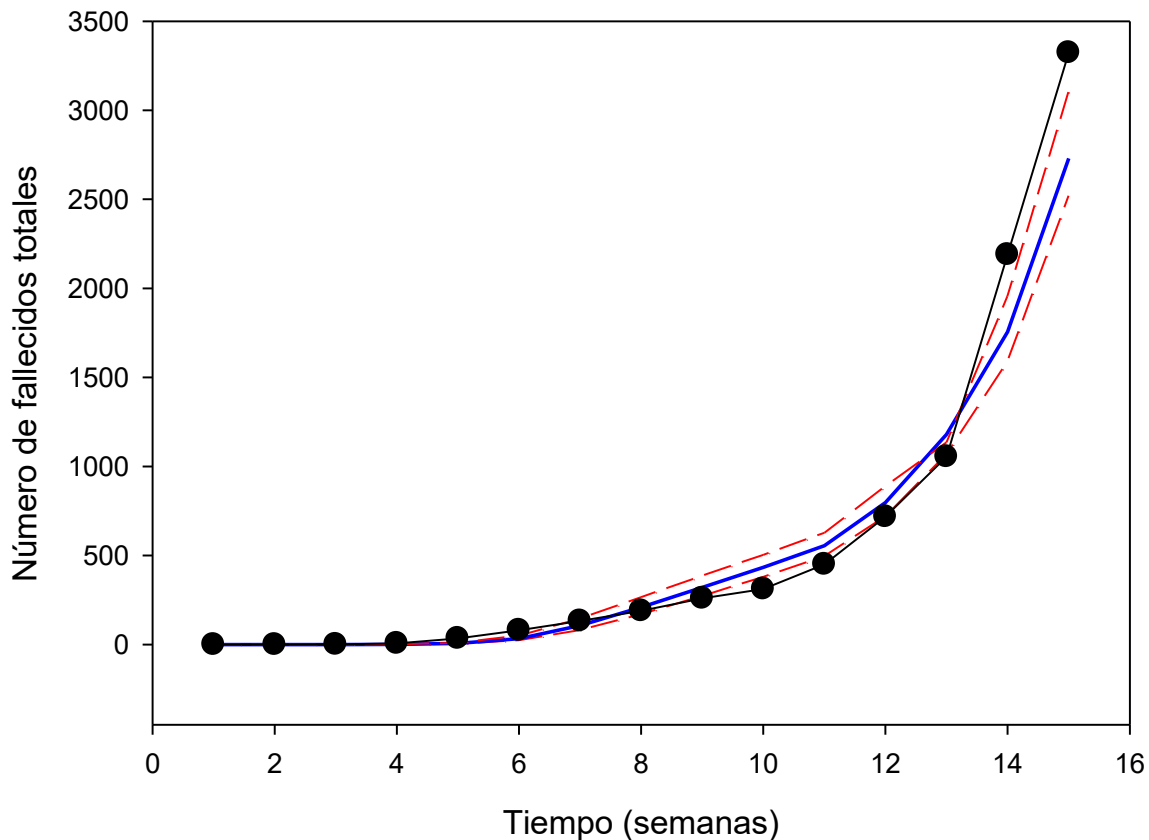


**Predicciones a corto plazo sobre casos reportados MINSAL**

**Figura 6. Evolución de los casos/semana y sus predicciones. Círculos negros: casos reportados; círculos blancos: corregidos por sub-reporte. Líneas azul y rojas, predicciones con sus respectivas bandas de confianza**



**Figura 7. Evolución de la ocupación UCI y sus predicciones. Círculos negros: ocupación reportada. Círculo blanco: UCI + pacientes ventilados fuera de UCI (332; SOCHIMI 13 de junio). Líneas azul y rojas, predicciones con sus respectivas bandas de confianza**



**Figura 8. Fallecidos por COVID-19 en Chile.**

Podemos observar:

1) La curva de casos nuevos predichos sigue levemente sobre la curva de casos reportados y se aprecia un leve cambio en la concavidad de la curva de casos reportados respecto a la pendiente que llevaba a la semana 12. Esto **podría ser una indicación de que nos acercamos al peak de la epidemia**, al menos **en su primera fase**, lo que se debiera aclarar en la semana 15-21/6. El modelo de predicción a corto plazo se basa en modelo exponencial por lo que sobre estima el número de casos cuando cambia la concavidad de la curva.

2) La curva de predicción de ocupación UCI va muy por sobre lo reportado, aún agregándole los casos de pacientes ventilados fuera de UCI. Esto puede ser explicado en parte por el mismo efecto anterior, ya que las UCI se calculan sobre la base de casos estimados. La estimación se hace sobre la base internacional ampliamente refrendada por numerosos trabajos de un requerimiento UCI de un 5% sobre casos reportados y con una semana de retardo. Es altamente **probable**

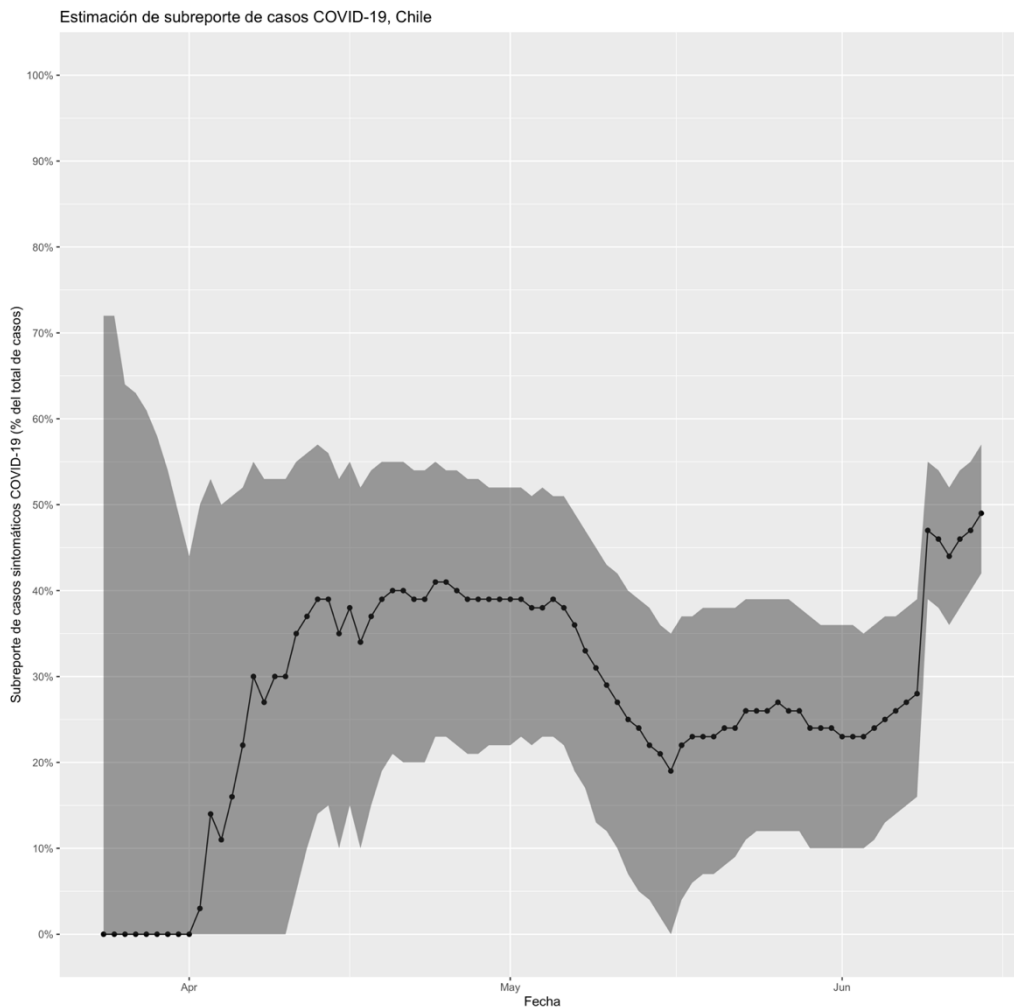
que esta curva se haya **aplanado por saturación local de UCIs**. Signos indirectos de éstos son dos: a) hay **332 pacientes hoy en ventilación mecánica fuera de UCI** y b) en un intento de cruzar datos de muertes en UCI de SOCHIMI con muertes reportadas diarias del MINSAL entre el 13/5 y el 7/6 se obtiene una mediana de 0,46, es decir aproximadamente un 46% de los fallecidos estarían egresando por UCI. Mirado de otra forma, **un 54% no alcanza a llegar a UCI**, lo que para una enfermedad respiratoria (salvo accidente vascular, infarto o TEP), que en general demora días en llegar a una situación extrema, es muy alto.

3) La curva de **fallecidos se complicó**, ya que se han agregado oficialmente gran cantidad de fallecidos y se ha dado a conocer una **lista paralela** que incluye los casos probables que elevaría la cifra a más de 5.000 fallecidos, **elevando la letalidad a niveles por sobre el 2,3%** usado en las simulaciones y también afectaría las estimaciones del sub-reporte.

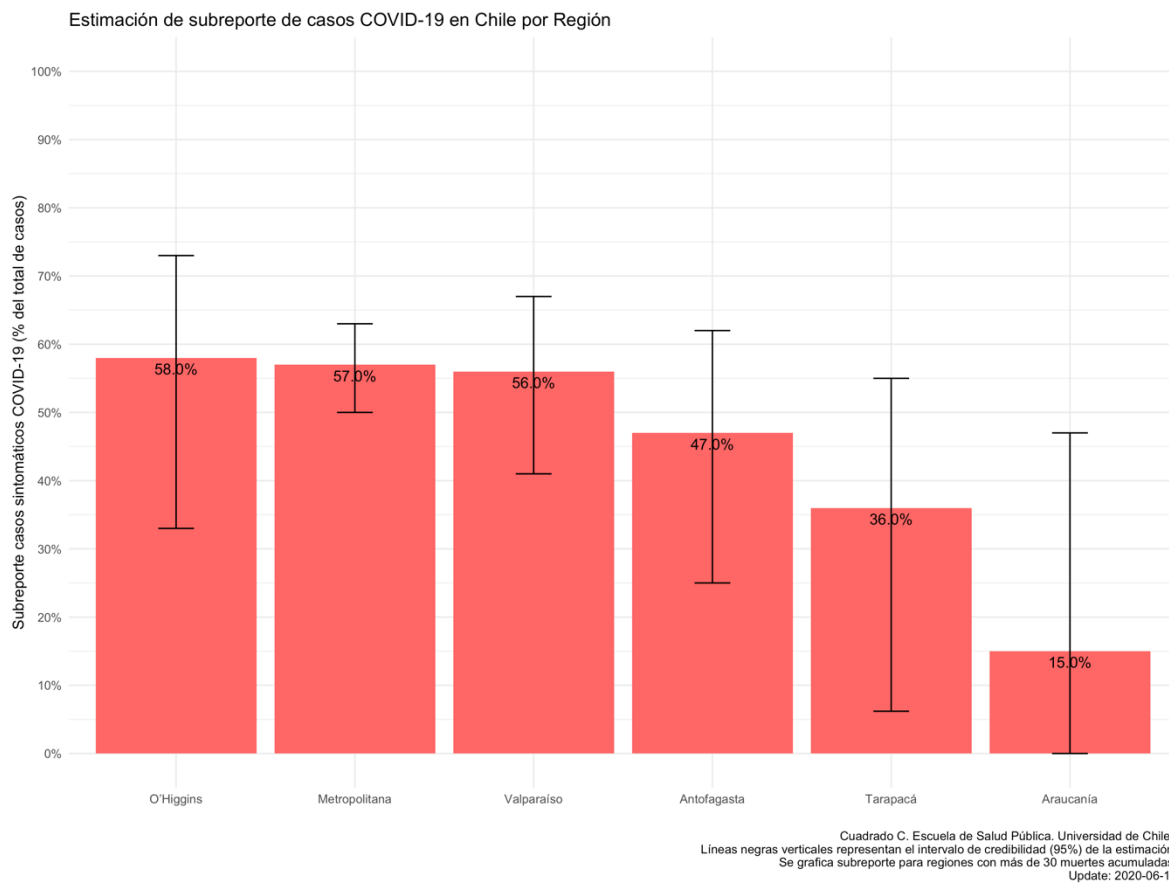
### ***Evolución del sub-reporte de casos COVID-19 (Dr. Cristóbal Cuadrado)***

Utilizando la metodología propuesta por Russel et al, el **subreporte de casos sintomáticos hoy es de 49%** (42% - 58%), sustantivamente mayor a lo que habíamos estimado y probablemente más cercano a la realidad. Esto responde a dos fenómenos: a) ajuste al alza esperado luego de la **corrección de cifras de fallecidos** a comienzos de esta semana; b) **crecimiento** del número de **fallecidos diarios** en la última semana. A nivel regional, las **tres regiones con mayor subregistro** son **O'Higgins con 58%** (IC95% 33% - 73%), **Metropolitana 57%** (IC95% 50% - 63%) y **Valparaíso con 56%** (IC95% 41% - 67%).

Como hemos mencionado previamente, estas estimaciones son útiles, si y sólo si, no existe un subreporte importante en las muertes. En la medida que tengamos mejor información sobre las muertes a partir de datos oficiales de DEIS, es probable que tengamos una nueva corrección al alza del subregistro.



**Figura 9. Evolución de la estimación del sub-reporte (basado en Russell, 2020)**

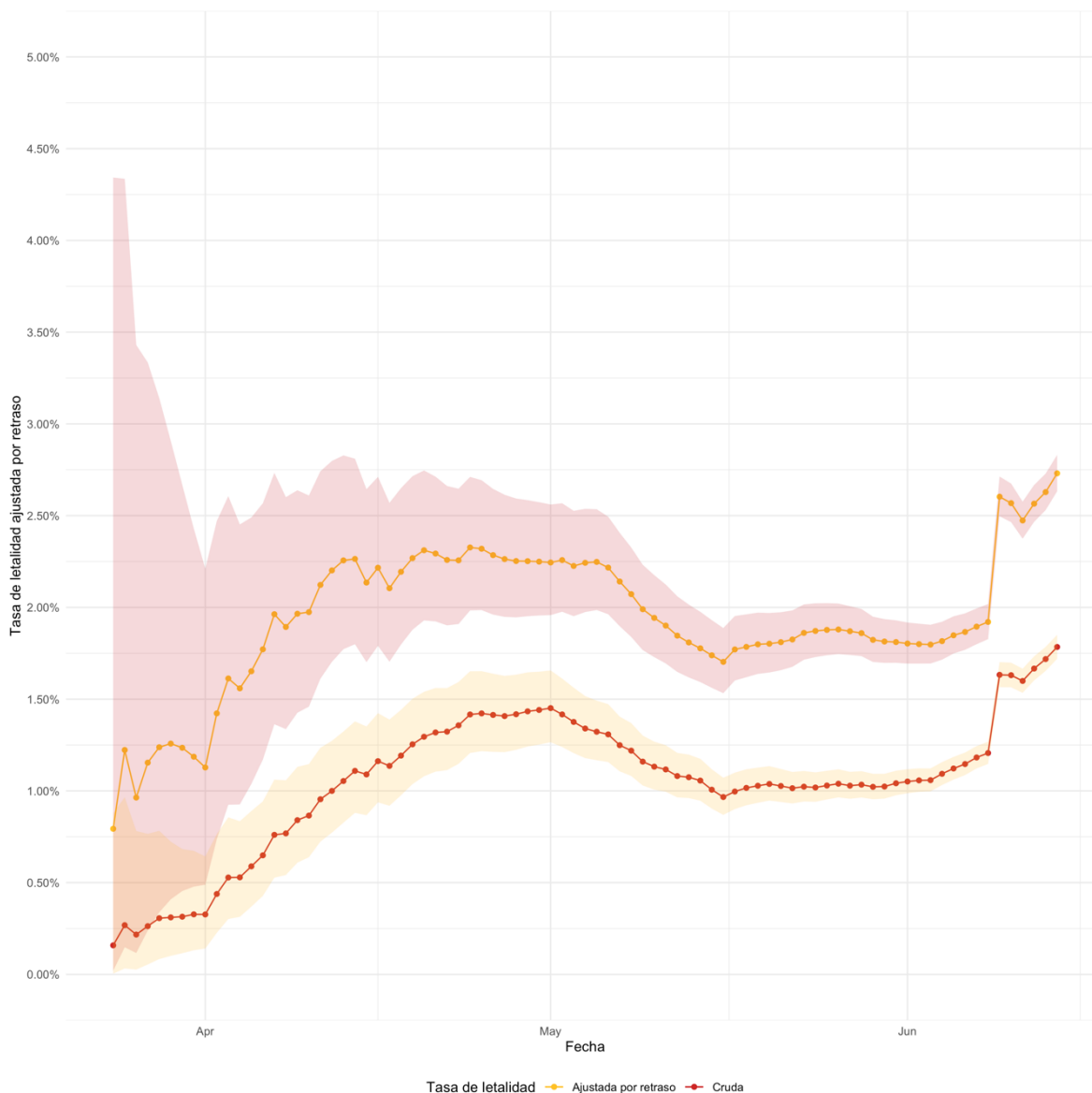


**Figura 10. Estimación del sub-reporte según regiones de Chile**

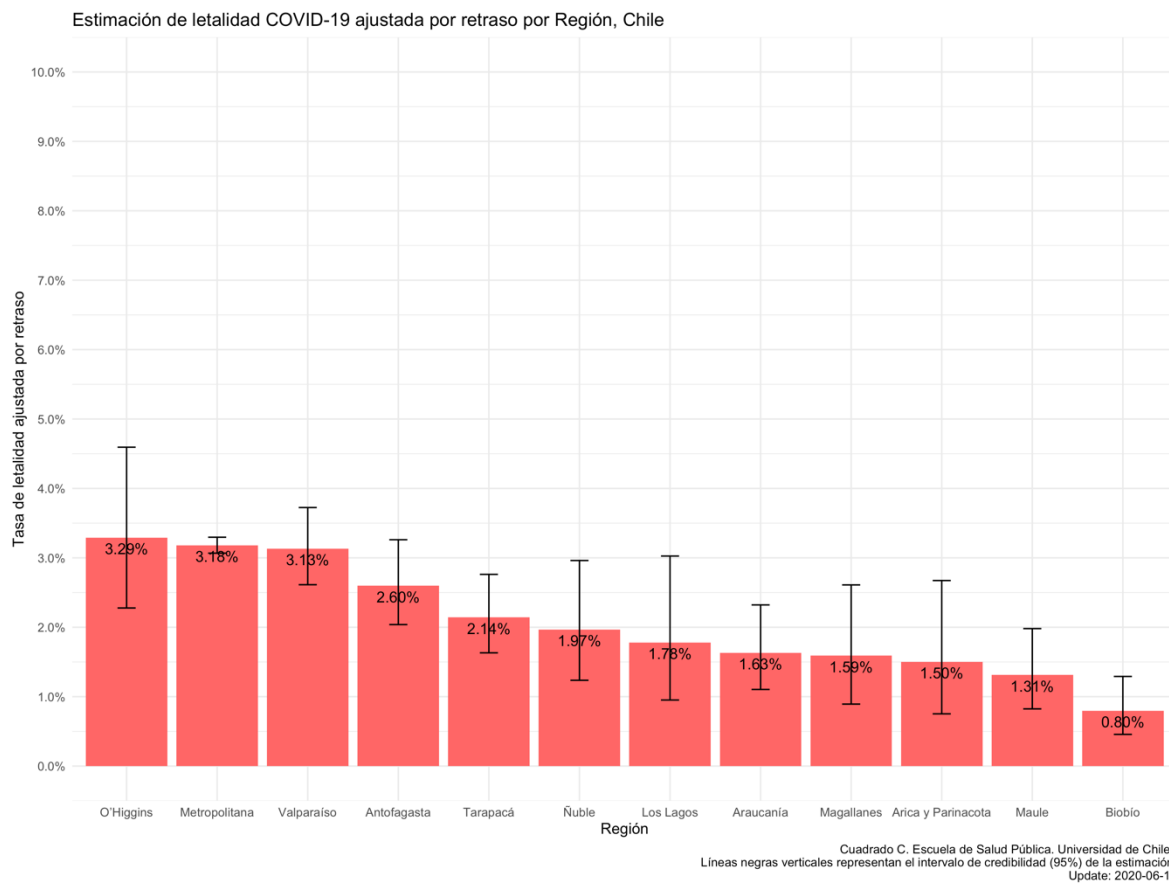
### ***Evolución de la letalidad de casos***

La letalidad de casos cruda se encuentra en **1,78%** (IC 95% 1,72% - 1,85%) graficado en amarillo. Al **ajustar** por retraso entre casos y fallecimientos, la letalidad de casos en Chile es de **2,73%** (IC 95% 2,63% - 2,83%) graficado en rojo. La **letalidad ajustada por retraso supera el 3% en las regiones de O'Higgins, Metropolitana y Valparaíso**, situación particularmente preocupante.

Al igual que con el subreporte de casos sintomáticos, hay que considerar que estas estimaciones asumen que los casos fallecidos reportados reflejan adecuadamente las muertes COVID-19, lo cual sabemos que aún requiere incorporar los datos oficiales del DEIS con fallecidos probables.

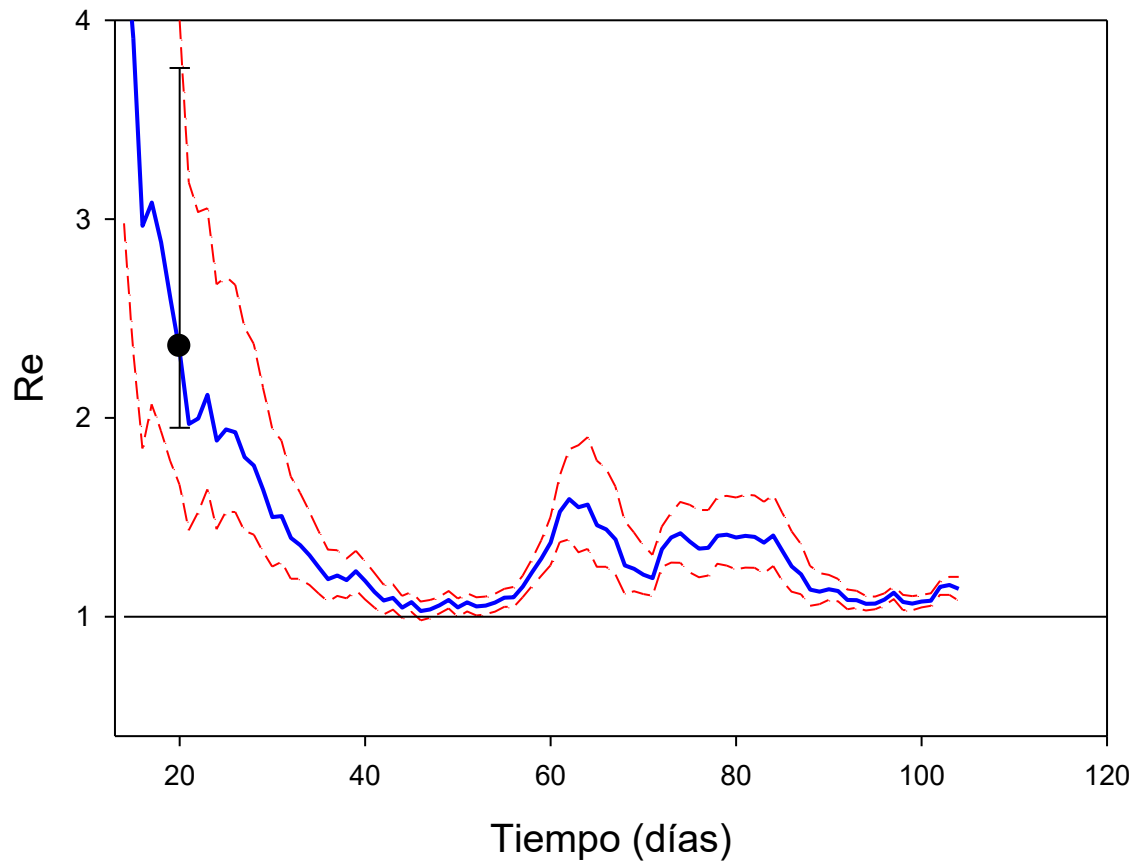


**Figura 11. Evolución de la letalidad cruda y corregida por retraso.**



**Figura 12. Estimación de la letalidad ajustada por retraso según regiones de Chile**





**Figura 13. Evolución del R efectivo ( $R_e$ ) en Chile desde los primeros 14 días y comparación con  $R_e$  usando un “delta” de 7 días**

El círculo negro corresponde al valor de  $R_0$  estimado al quiebre de la curva. El ICr considera la variabilidad en  $\tau$  entre 3-7 días, con una media de 5 días. Se observa un  $R_e$  decreciente, pero estabilizándose, reflejando probable efecto de la cuarentena de RM, pero aún claramente sobre 1.

### 3. COVID-19 en regiones (Lic. Mat; Mg. Bioestadística Andrea Canals)

<b>Tabla I: Estimación R0 y Re por región.</b>					
<b>Región</b>	<b>R0</b>	<b>(IC 95%)</b>	<b>Re 10 junio</b>	<b>Re 14 junio (IC 95%)</b>	
Arica y Parinacota	1,57	(1,22-2,53)	1,13	1,16	(1,02-1,32)
Tarapacá	1,34	(1,12-1,93)	1,07	1,02	(0,95-1,09)
Antofagasta	1,39	(1,11-2,17)	1,36	1,42	(1,29-1,61)
Atacama	1,09	(0,97-1,37)	1,67	1,25	(1,01-1,56)
Coquimbo	1,18	(0,96-1,72)	1,54	1,14	(1,01-1,33)
Valparaíso	1,62	(1,31-2,55)	1,27	1,09	(1,02-1,18)
Metropolitana	2,09	(1,73-3,28)	1,04	1,13	(1,08-1,17)
O'Higgins	0,99	(0,82-1,38)	1,50	1,53	(1,29-1,77)
Maule	1,21	(0,99-1,77)	1,24	1,12	(1,03-1,22)
Ñuble	1,66	(1,28-2,74)	1,34	1,11	(0,98-1,25)
Biobío	1,95	(1,59-3,10)	1,08	1,22	(1,11-1,35)
Araucanía	1,87	(1,53-2,94)	1,14	0,98	(0,87-1,10)
Los Ríos	1,70	(1,41-2,60)	1,28	1,05	(0,83-1,31)
Los Lagos	1,62	(1,30-2,55)	0,98	1,08	(0,91-1,28)
Aysén	1,11	(0,99-1,42)	0,82	1,22	(0,42-2,67)
Magallanes	1,86	(1,47-3,05)	0,85	2,21	(1,70-2,80)
<b>Chile</b>	<b>2,36</b>	<b>(1,95-3,76)</b>	<b>1,08</b>	<b>1,14</b>	<b>(1,09-1,18)</b>

El coeficiente **Re** a nivel nacional presenta un **aumento de 5,6% respecto del valor estimado el 10 de junio.**

Respecto de la estimación del 10 de junio, se observa una **aceleración en la propagación de la enfermedad** en las regiones de:

- Arica y Parinacota
- Antofagasta
- Metropolitana
- O'Higgins
- Biobío
- Los Lagos
- Aysén
- Magallanes

**Índice de carga UCI por región:**

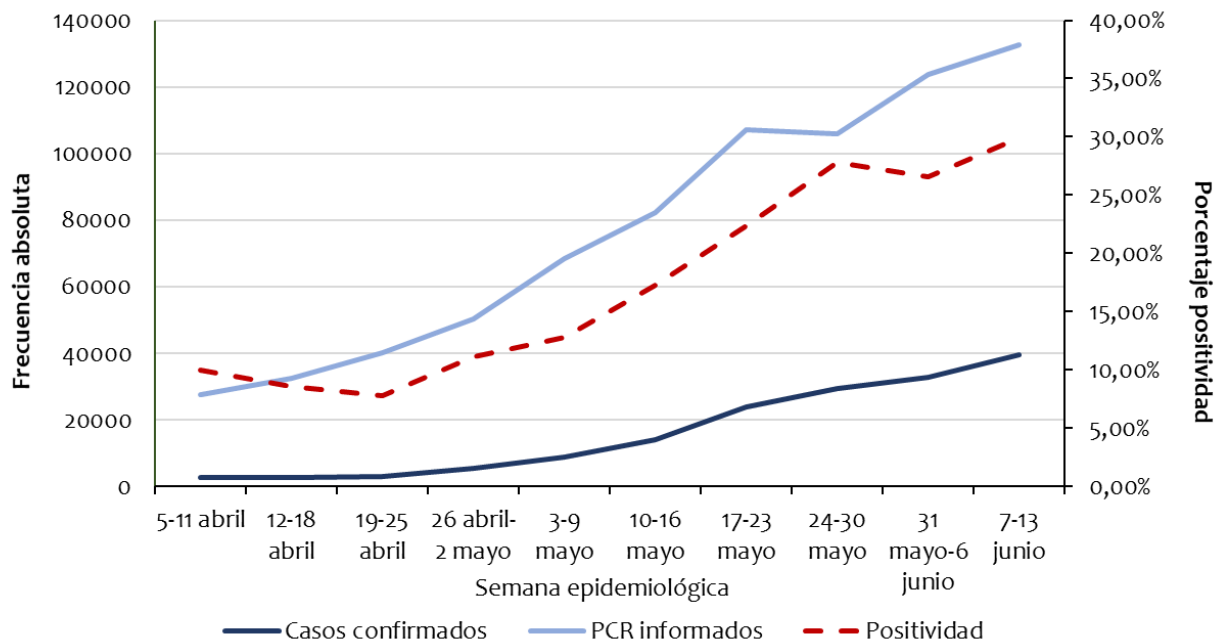
$$\text{Índice de carga UCI observado} = \frac{\text{Total casos UCI}}{0,5 \times n^{\circ} \text{ camas críticas}}$$

<b>Tabla II: Índice de carga observado por región.</b>	
<b>Región</b>	<b>IC observado</b>
Arica y Parinacota	1,04
Tarapacá	2,00
Antofagasta	1,05
Atacama	0,37
Coquimbo	0,94
Valparaíso	0,92
Metropolitana	1,62
O'Higgins	0,64
Maule	1,37
Ñuble	1,22
Biobío	0,83
Araucanía	0,53
Los Ríos	0,22
Los Lagos	0,46
Aysén	0,22
Magallanes	0,22
Chile	1,31

Información camas UCI: SOCHIMI 13 junio

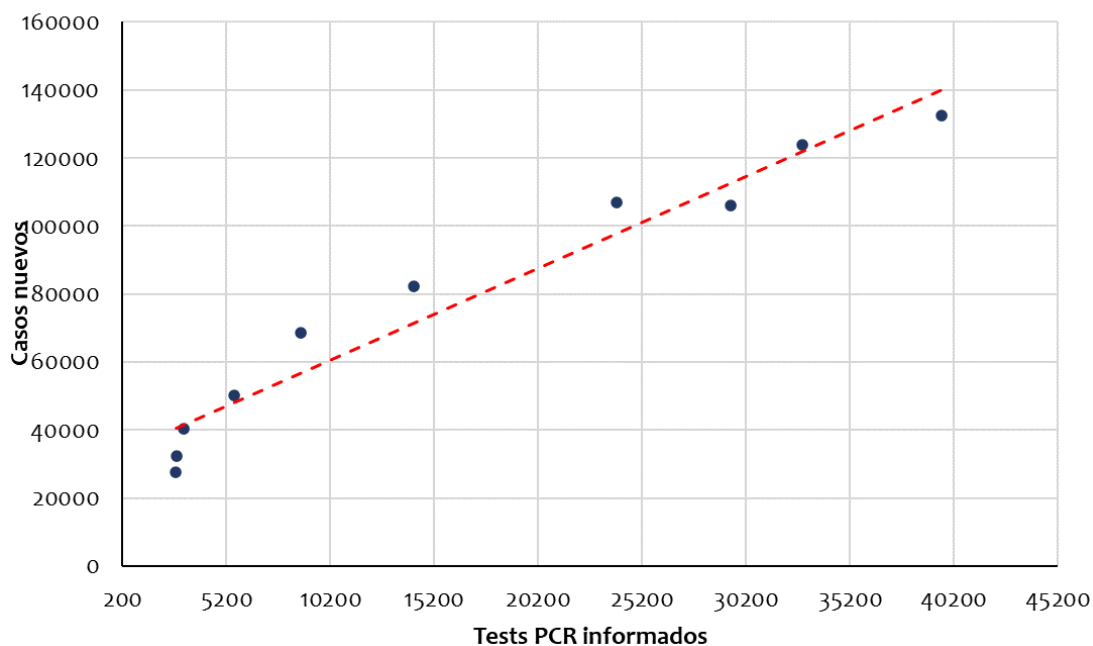
## Positividad

El siguiente gráfico muestra la evolución de la positividad por semana epidemiológica.



**Figura 15. Evolución positividad diaria (05/04 – 13/06)**

<b>Tabla III: Porcentaje de positividad por semana epidemiológica.</b>				
<b>Semana epidemiológica</b>	<b>Casos nuevos confirmados</b>	<b>PCR informados</b>	<b>% positividad semanal</b>	
15 (5-11 abril)	2.766	27.761	9,96%	
16 (12-18 abril)	2.803	32.517	8,62%	
17 (19-25 abril)	3.128	40.321	7,76%	
18 (26 abril-2 mayo)	5.577	50.188	11,11%	
19 (3-9 mayo)	8.784	68.504	12,82%	
20 (10-16 mayo)	14.209	82.421	17,24%	
21 (17-23 mayo)	23.965	107.007	22,40%	
22 (24-30 mayo)	29.465	105.988	27,80%	
23 (31 mayo-6 junio)	32.887	123.872	26,55%	
24 (7-13 junio)	39.610	132.491	29,90%	



**Figura 16. Relación entre PCR informados y casos nuevos por semana epidemiológica (5 abril – 13 junio).**

La pendiente de la recta ajustada es **0,3513**, con un valor- $p < 0,001$ . Esto indica que **por cada 100 PCR informados, se confirmarían en promedio 35,1 casos nuevos**.

Se sigue observando un aumento en la pendiente a medida que se incorporan semanas al análisis. El análisis actualizado al 7 de junio mostraba una pendiente de 0,3281.

### **Esfuerzo diagnóstico**

Se presenta un análisis del esfuerzo diagnóstico entre el 10 y el 14 de junio. No se cuenta con la información de las últimas dos semanas completas ya que entre el 6 y 10 de junio el Ministerio de Salud no reportó la distribución de los exámenes de PCR por región.

El esfuerzo diagnóstico por región fue calculado como el promedio de PCR diarios entre el 10 y 14 de junio dividido por la población total de la región, por 100.000 habitantes. Este valor representa la cantidad promedio diaria de PCR por cada 100.000 habitantes en la región. Además, se presenta el promedio de casos nuevos diarios por región, del mismo período, y la razón entre estos valores. Esta razón nos indica cuánto aumenta el promedio de casos nuevos por cada punto de aumento en el esfuerzo diagnóstico (por 100.000 habitantes).

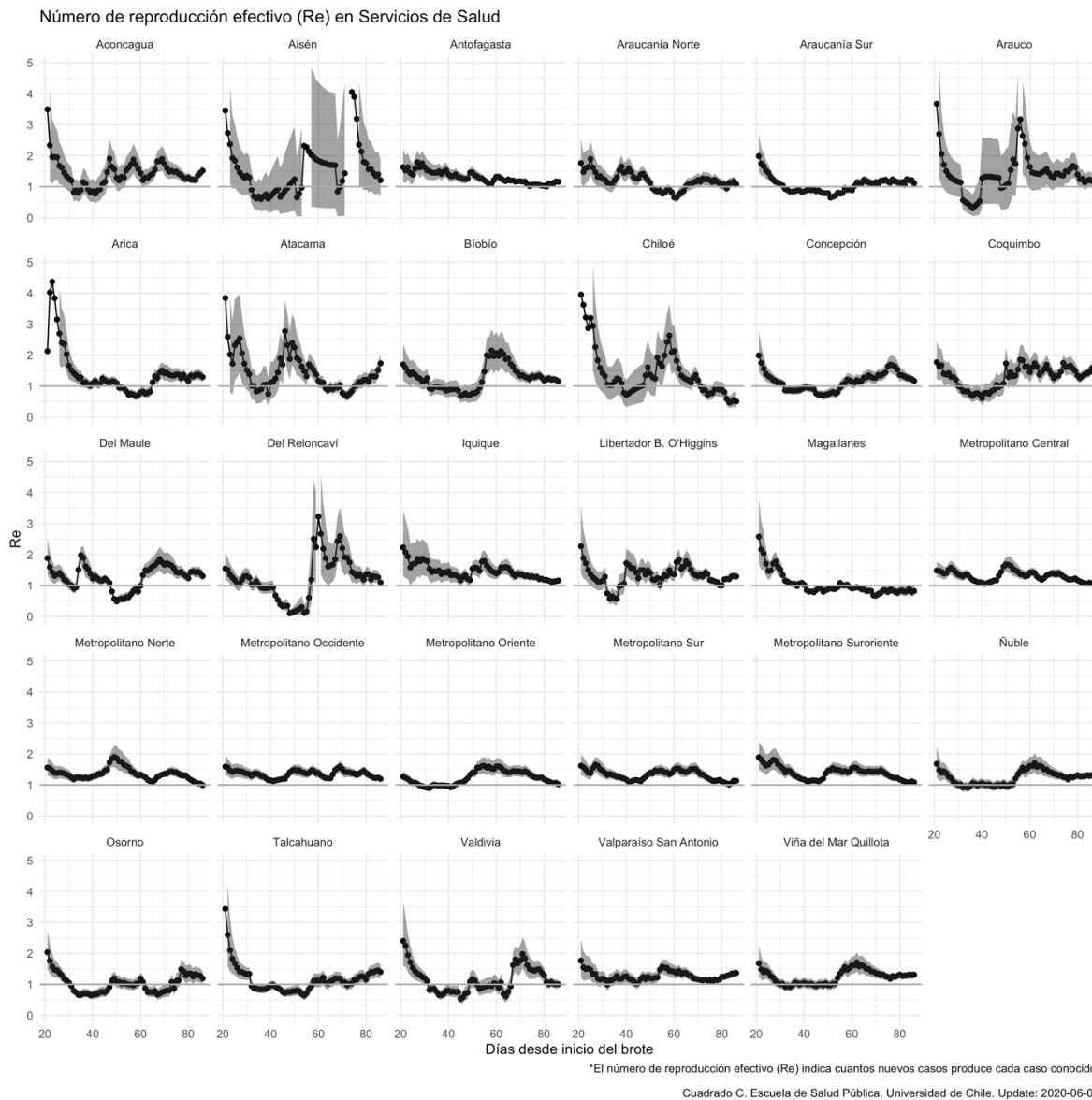
<b>Región</b>	<b>Promedio casos nuevos 10-14 junio</b>	<b>Promedio esfuerzo diagnóstico 10-14 junio (por 100.000 hab.)</b>	<b>Razón</b>
Arica	39,0	76,2	0,5
Tarapacá	130,8	106,9	1,2
Antofagasta	176,8	77,9	2,3
Atacama	20,0	48,0	0,4
Coquimbo	76,2	38,0	2,0
Valparaíso	273,4	47,6	5,7
Metropolitana	5054,4	137,1	36,9
O'Higgins	122,0	25,0	4,9
Maule	141,6	57,3	2,5
Ñuble	38,8	68,0	0,6
Biobío	141,4	98,9	1,4
Araucanía	46,0	63,4	0,7
Los Ríos	46,0	54,3	0,8
Los Lagos	22,6	123,4	0,2
Aysén	0,6	68,8	0,0
Magallanes	13,0	60,3	0,2
<b>Chile</b>	<b>6306,8</b>	<b>96,2</b>	<b>65,6</b>

## **Numero de reproducción efectivo en áreas pequeñas**

### **Evolución por Servicio de Salud**

A continuación, presentamos la evolución del Re calculado mediante el método de Cori et al. Con los mismos parámetros supuestos por Mauricio Canals a partir de la información entregada por MINSAL a nivel comunal, a partir de lo cuál agregamos los casos a nivel de servicio de salud.

En el primer gráfico se presenta la evolución completa desde el inicio del brote en Chile (3 de Marzo), actualizado con datos hasta el día 8 de Junio (último informe con datos de nivel comunal).



**Figura 17. Evolución de Re a nivel de Servicios de Salud (03 marzo – 06 mayo)**

En el segundo gráfico acotamos a lo ocurrido en las últimas 2 semanas para facilitar una escala que permita observar las tendencias.

Hay **3 servicios de salud tienen  $Re > 1,5$  y 6 entre 1,2 y 1,5.**

Se observa **niveles más elevados en los Servicios Atacama (rápido crecimiento), Coquimbo (consistentemente en niveles muy elevados), Aconcagua (trayectoria similar a Coquimbo).**

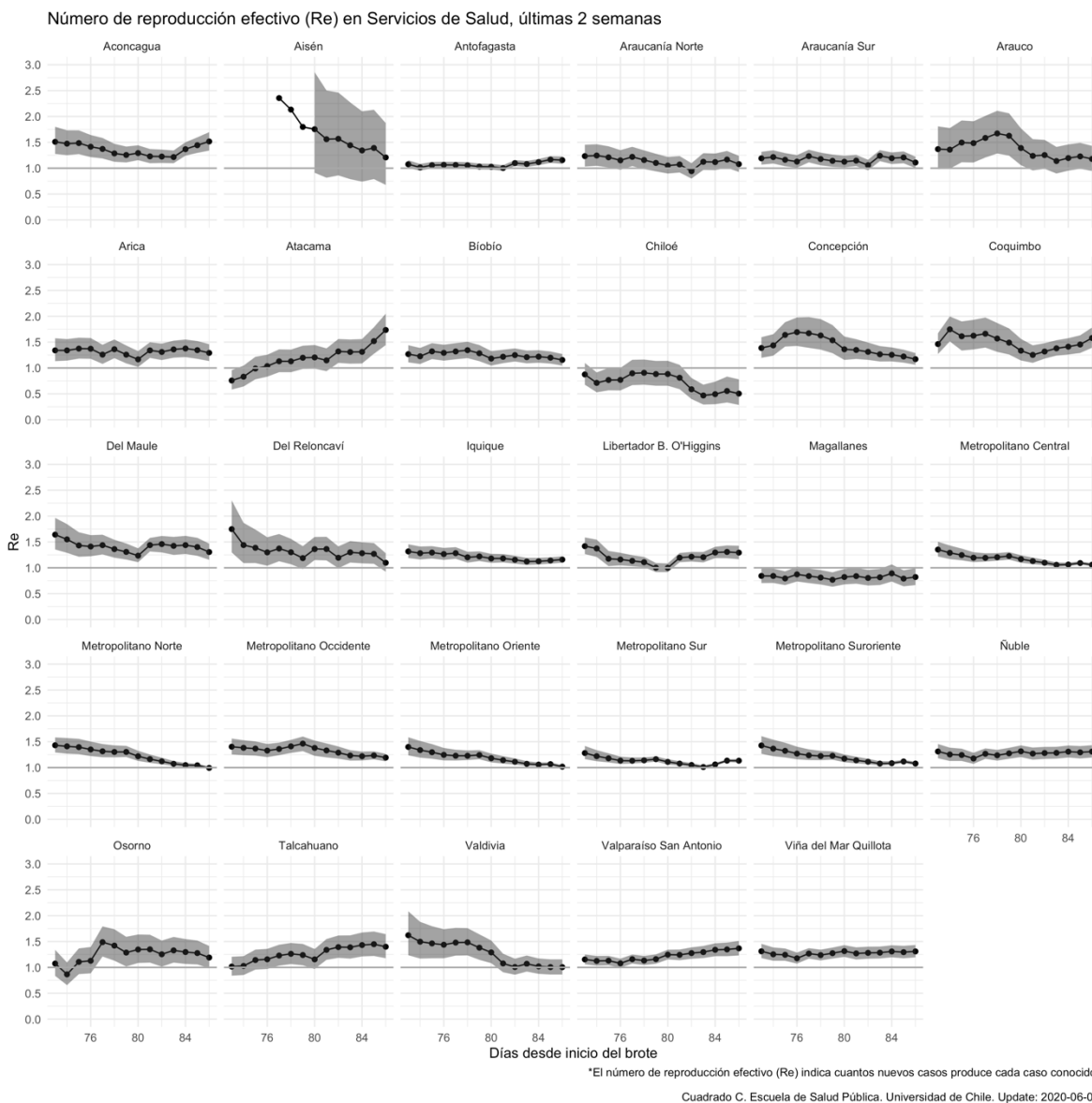
Los **Servicios Valparaíso – San Antonio y Viña del Mar - Quillota, ambos están con  $Re > 1,3$ .**

Los **Servicios Metropolitanos Occidente y Sur se encuentran aún con  $Re > 1,1$**  pero con  $Re$  más cercanos a 1 en el resto de los Servicios Metropolitanos.

La tendencia es estable y con un brote epidémico controlado ( $Re < 1$ ) sólo en Magallanes y Chiloé, aunque en el primer caso el intervalo de credibilidad toca el 1 por lo que tampoco es posible asegurar aún que el brote se mantiene en reducción.

Nótese que por los pocos casos no es posible sacar conclusiones sobre Aysén, con intervalos de credibilidad muy amplios.



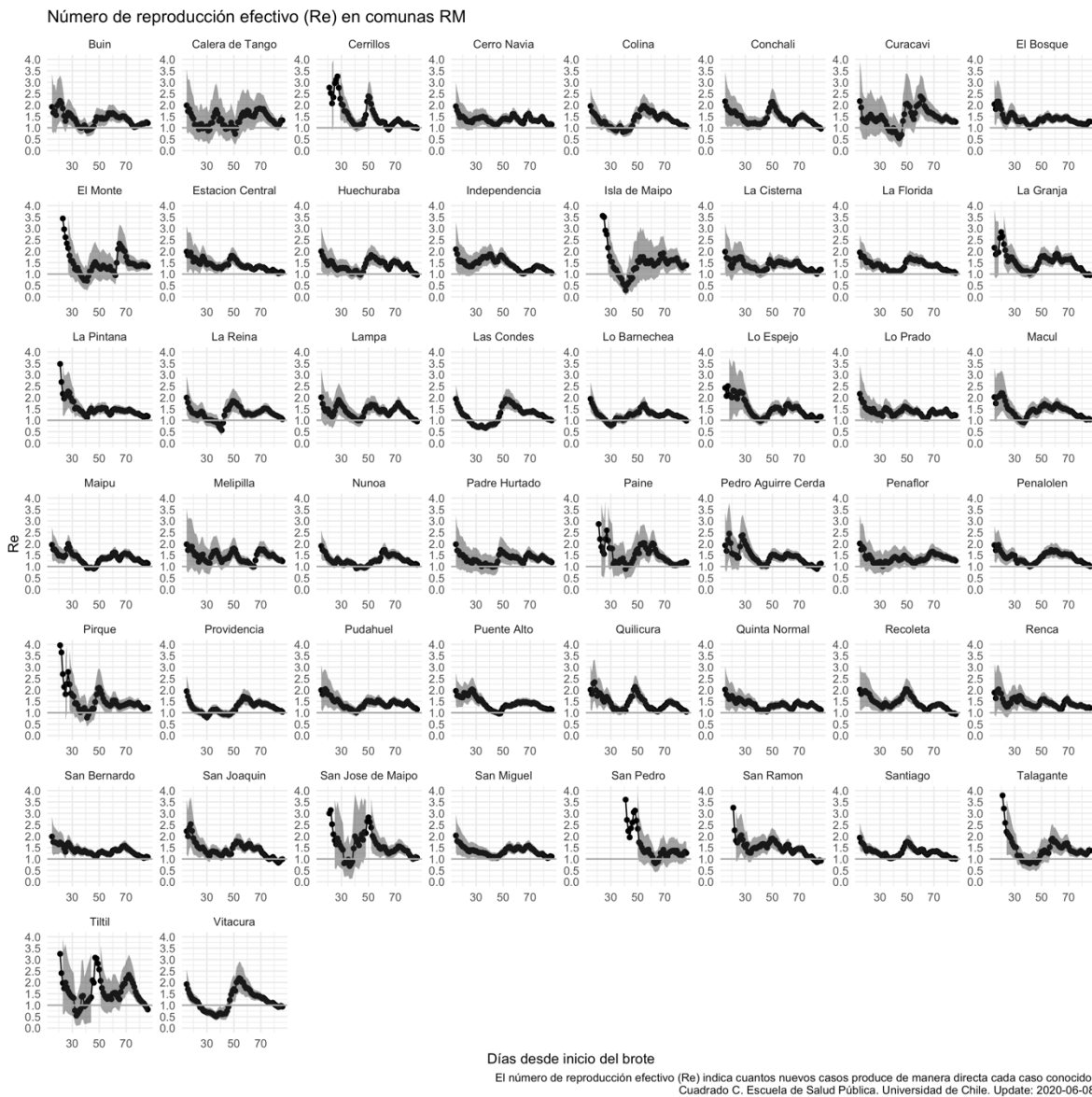


**Figura 18. Evolución de Re en las últimas 2 semanas a nivel de Servicios de Salud**

### **Evolución en Región Metropolitana**

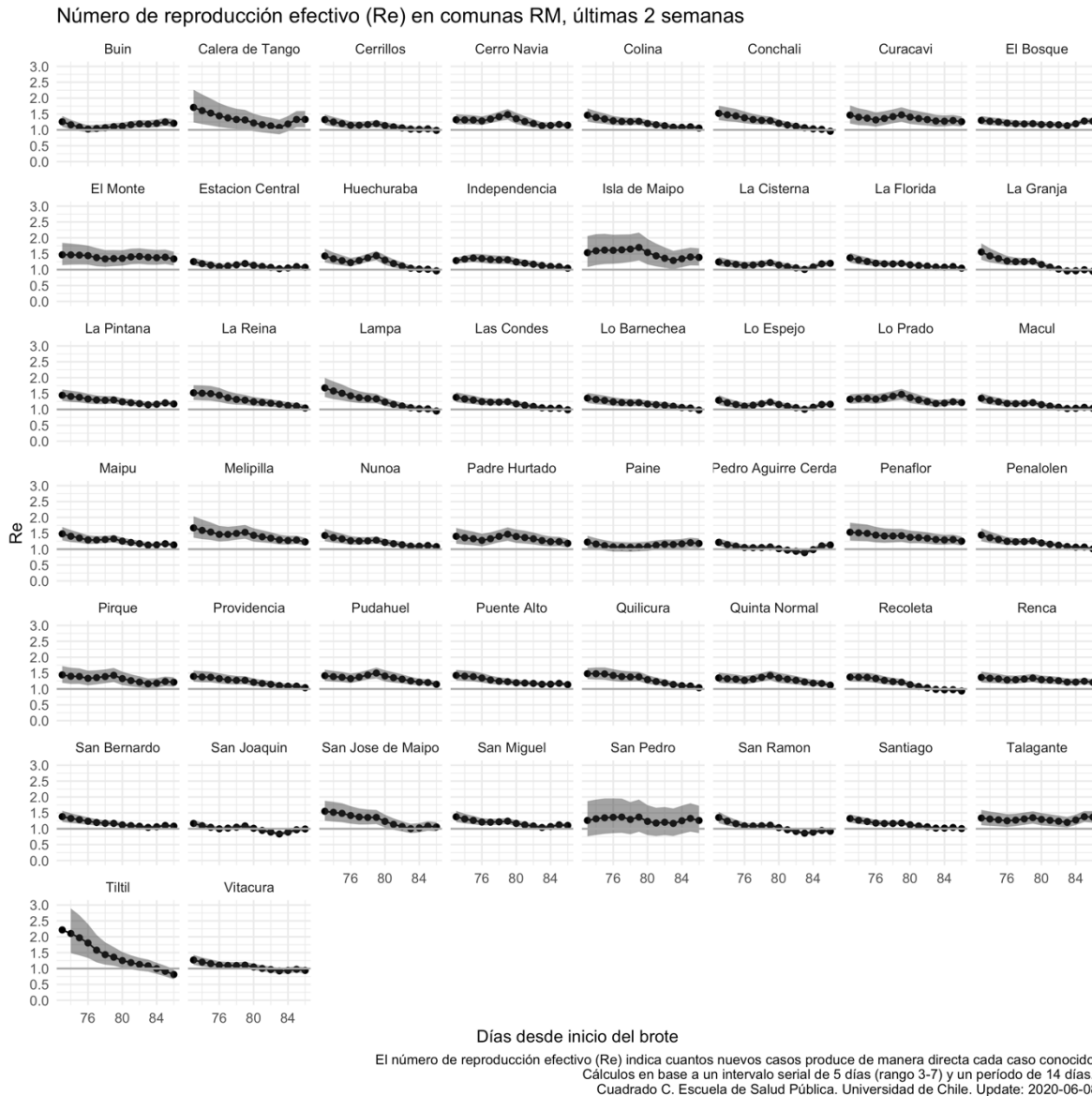
Presentamos, además, una visión más desagregada de lo que está ocurriendo al interior de la Región Metropolitana. Para tener en consideración, para aquellas comunas en que no es visible el intervalo de credibilidad 95% (banda gris), la estimación no es posible de manera fidedigna por el escaso número de casos o tiempos con casos observados.

Se observa que hay **28 comunas de la Región Metropolitana con  $Re > 1$** , ligero aumento con respecto a la semana pasada (26). Si bien se observa una desaceleración general en el contexto de las cuarentenas en la Región Metropolitana, aún la epidemia esta en crecimiento. Se presenta primero la evolución durante todo el brote y luego el gráfico acotado a las dos últimas semanas.



**Figura 19. Evolución de Re en las comunas de la Región Metropolitana**

Al 8 de junio 2020, **sólo comunas rurales de la RM (Isla de Maipo, María Pinto, Talagante, El Monte y Calera de Tango)** tienen  $Re > 1,3$ . Los  $Re$  más altos siguen concentrados en las comunas rurales de la RM y en algunas comunas más densamente pobladas y vulnerables de los sectores occidente, norte y sur de Santiago. Listado completo en tabla anexa.



**Figura 20. Evolución de  $Re$  en las últimas 2 semanas en las comunas de la Región Metropolitana**

**Anexo 1. Número de reproducción efectivo para los Servicios de Salud del país para la última fecha con datos oficiales a nivel comunal de contagios que permiten agregar casos a nivel de Servicio de Salud**

Fecha	Servicio de Salud	Mean(R)	IC 95%	
08-06-20	Atacama	1,73	1,39	2,11
08-06-20	Coquimbo	1,58	1,36	1,81
08-06-20	Aconcagua	1,52	1,31	1,73
08-06-20	Talcahuano	1,40	1,14	1,69
08-06-20	Valparaíso San Antonio	1,37	1,21	1,54
08-06-20	Ñuble	1,31	1,18	1,45
08-06-20	Viña del Mar Quillota	1,31	1,18	1,45
08-06-20	Del Maule	1,30	1,13	1,50
08-06-20	Libertador B. O'Higgins	1,29	1,14	1,45
08-06-20	Arica	1,29	1,11	1,49
08-06-20	Aisén	1,21	0,60	2,04
08-06-20	Metropolitano Occidente	1,19	1,11	1,28
08-06-20	Osorno	1,19	0,95	1,46
08-06-20	Arauco	1,18	0,91	1,48
08-06-20	Concepción	1,17	1,04	1,31
08-06-20	Iquique	1,16	1,09	1,23
08-06-20	Bíobío	1,16	1,03	1,29
08-06-20	Antofagasta	1,16	1,07	1,24
08-06-20	Metropolitano Sur	1,13	1,09	1,17
08-06-20	Araucanía Sur	1,11	0,98	1,24
08-06-20	Del Reloncaví	1,10	0,90	1,32
08-06-20	Metropolitano Suroriente	1,08	1,04	1,12
08-06-20	Araucanía Norte	1,08	0,90	1,27
08-06-20	Metropolitano Central	1,06	1,02	1,09
08-06-20	Metropolitano Oriente	1,02	0,99	1,05
08-06-20	Valdivia	1,00	0,84	1,19
08-06-20	Metropolitano Norte	0,99	0,97	1,02
08-06-20	Magallanes	0,82	0,64	1,03
08-06-20	Chiloé	0,50	0,26	0,85

**Anexo 2: Número de reproducción efectivo para comunas de la RM para la última fecha con datos oficiales de nivel comunal de contagios.**

Fecha	Comuna	Mean(R)	IC 95%	
08-06-20	Isla de Maipo	1,39	1,08	1,74
08-06-20	María Pinto	1,37	1,03	1,77
08-06-20	Talagante	1,37	1,16	1,59
08-06-20	El Monte	1,34	1,10	1,61
08-06-20	Calera de Tango	1,33	1,04	1,65
08-06-20	El Bosque	1,27	1,16	1,38
08-06-20	Curacaví	1,26	1,08	1,46
08-06-20	Peñaflor	1,25	1,09	1,43
08-06-20	Melipilla	1,23	1,10	1,38
08-06-20	Lo Prado	1,22	1,10	1,33
08-06-20	Pirque	1,21	1,04	1,40
08-06-20	Renca	1,21	1,10	1,32
08-06-20	Buín	1,21	1,06	1,36
08-06-20	La Cisterna	1,20	1,10	1,31
08-06-20	Padre Hurtado	1,18	1,03	1,35
08-06-20	Paine	1,18	1,01	1,37
08-06-20	La Pintana	1,17	1,09	1,26
08-06-20	Lo Espejo	1,16	1,08	1,25
08-06-20	Pudahuel	1,15	1,06	1,25
08-06-20	Cerro Navia	1,15	1,06	1,24
08-06-20	Puente Alto	1,14	1,07	1,21
08-06-20	Maipú	1,13	1,07	1,20
08-06-20	Pedro Aguirre Cerda	1,13	1,05	1,22
08-06-20	Quinta Normal	1,12	1,03	1,22
08-06-20	San Miguel	1,10	1,03	1,18
08-06-20	Ñuñoa	1,08	1,01	1,15
08-06-20	San Bernardo	1,08	1,02	1,15
08-06-20	Estación Central	1,07	1,01	1,14

Se listan sólo las comunas con un Re en que su intervalo de credibilidad inferior sea >1 (26 comunas al 8 de junio).

Tanto el código, las bases de datos, como los resultado de estas estimaciones se pueden acceder de manera abierta en el siguiente repositorio:

<https://github.com/ccuadrado/covid19-data/tree/master/analisis>

## Anexo 1. Análisis de riesgo

Desde el punto de vista epidemiológico, ahora que se aproxima el peak, con todo lo que va a significar en cantidad de casos, fallecidos y carga sobre toda la red de salud, conviene ir estudiando aquellos indicadores que, una vez pasado esto, permitan racionalizar las medidas y el ritmo de levantamiento de las intervenciones.

De lo que hemos logrado apreciar en nuestras discusiones en la ESP, surgen algunas ideas cualitativas básicas. **El riesgo de levantar medidas será mayor mientras mayor el número de infectados activos, mientras mayor el Re, mientras mayor sea la carga sobre la red de salud y será menor mientras mayor sea el esfuerzo diagnóstico que permita trazabilidad y aislamiento.** Basados en esto ensayaremos tres indicadores:

- a) Momentum (p): Consideraremos que la masa de la epidemia está representada por la cantidad de infectados activos ( $I^*$ ) y la velocidad de transmisión por el número reproductivo efectivo. Así  $p = I^* \times Re$ .
- b) Carga (C): este indicador intentará medir la relación entre la máxima carga potencial sobre el sistema de salud y la capacidad del sistema. Si todos los infectados activos producen casos con un número reproductivo efectivo  $Re$  y de éstos un 5% irá a UCI, entonces la presión sobre el sistema será  $0.05p$ . Como proxy de la capacidad del sistema usaremos el número de ventiladores mecánicos (V) libres que es un dato de fácil acceso y que se reporta diariamente en la página oficial del gobierno. Entonces nuestro indicador de carga será:  

$$C = 0.05p/V$$
 Impondremos  $V_{min} = 1$ , ya que la división por 0 no está definida.
- c) Riesgo ( $R_g$ ): Es claro que el riesgo es mayor si aumentan p y C y que disminuye si aumentamos el esfuerzo diagnóstico (D). Entonces usaremos el indicador  $R = 0.05p/VD$ . Como estimador de D usaremos la tasa de exámenes por 1000 habitantes.

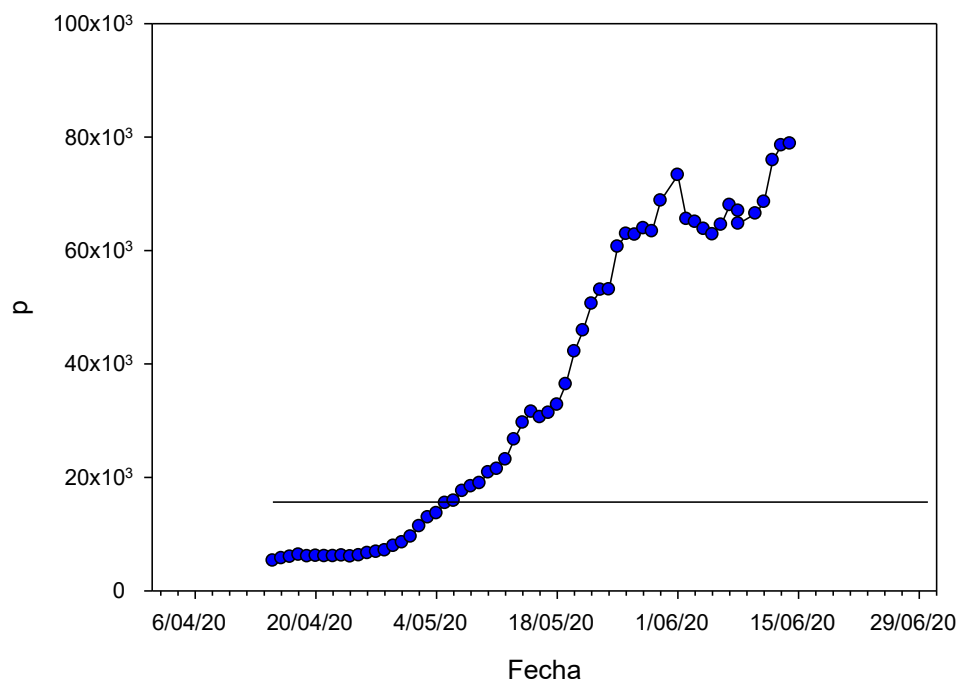
Nota: Para los efectos de estos indicadores, la estimación de los casos activos la seguiremos haciendo en base a los PCR, por las razones indicadas al inicio del informe. Utilizaremos la fórmula OMS que corresponde a:

Casos totales = casos activos + recuperados + fallecidos; esto conduce a:

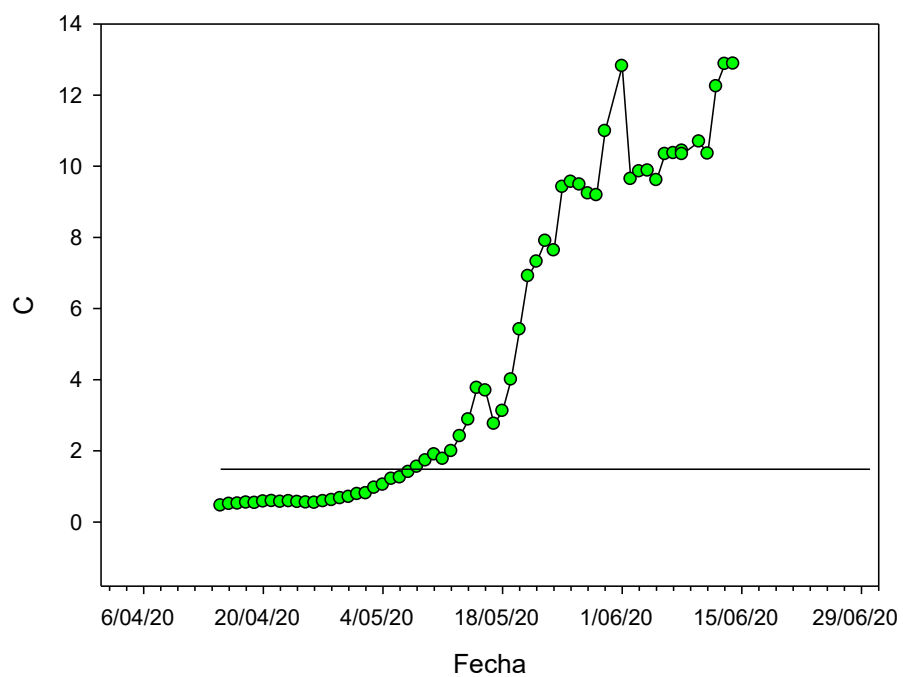
Casos activos = Casos totales – recuperados - fallecidos.

Los casos recuperados los estimamos como:

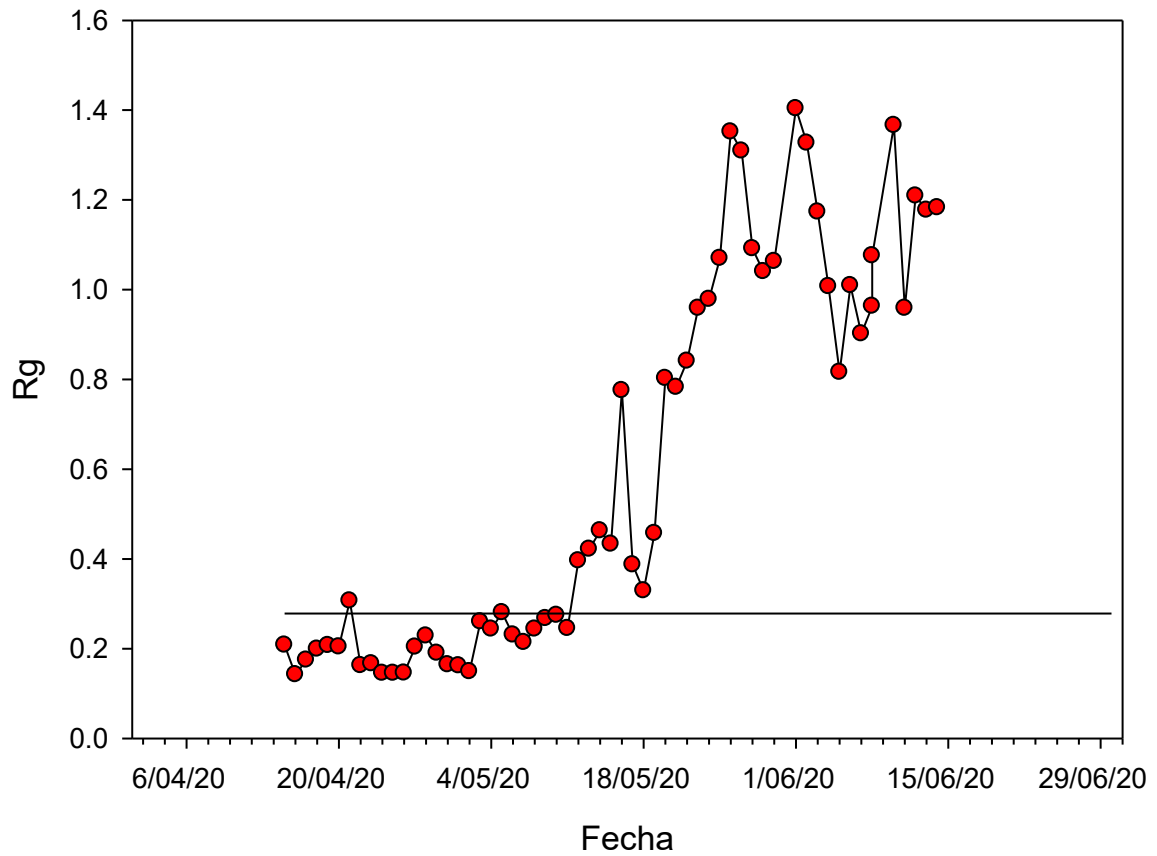
Casos recuperados = Casos totales(t-14) – fallecidos, ya que los casos que había hace 14 días si no han fallecido, ya no están activos.



**Figura A1. Evolución del momentum (p) a lo largo de la epidemia**



**Figura A2. Evolución de la carga del sistema de salud (C)**



**Figura A3. Evolución del Riesgo (Rg)**

Así el Rg de hoy sería  $Rg = + 1,18$ . Seguiremos monitorizando estos parámetros a lo largo de la epidemia y re-estudiaremos los puntos de quiebre.

Observamos una estabilización del momentum, de la carga y del riesgo, en valores altos, este último alrededor de 4 veces el umbral.



## Comentarios

- l) El valor de un modelo epidémico depende de tres factores fundamentales: a) una sólida base teórica; b) adecuados supuestos y estimación de parámetros; c) datos confiables.
- a) Los modelos epidemiológicos son muy antiguos y suficientemente probados. Desde Daniel Bernoulli (1766), pasando por los trabajos de John Brownlee entre 1906 y 1918, de Ronald Ross entre 1911 y 1917 hasta el aporte fundamental de Kermack y Mc Kendrick en 1927, quienes establecieron el modelo SIR básico fundamentado en la ley de acción de masas de la epidemiología -(que se basa precisamente su nombre en la ley del mismo nombre de las reacciones químicas)- , se tienen modelos matemáticos muy bien sustentados y perfeccionados para la modelación de epidemias. Refinamientos y conceptos posteriores gracias a los aportes de muchísimos autores (N. Bailey, K. Dietz, P. Fine, R. Anderson, R. May, Roberts, Greenfeld, Herstebeek, Chowell , Castillo-Chavez..etc) hacen de la epidemiología matemática una herramienta muy robusta en la racionalización de la toma de decisiones.
  - b) Si bien la teoría epidemiológica es robusta, los supuestos en que se basan los modelos a menudo son simplificaciones, estimaciones arbitrarias aunque plausibles basadas en juicios de expertos y otras veces en trabajos parciales que permiten aproximaciones. En el caso de la actual pandemia (producida por un virus desconocido hasta hace sólo 6 meses) muchos modelos se basan, por ejemplo, en mezcla homogénea de la población, lo cual en general no se cumple. Se hacen supuestos fundamentales sobre la relación asintomáticos/sintomáticos, el período latente, período de incubación, el intervalo serial, la relación subclínicos/sintomáticos, sintomáticos/reportados etc. La estimación de parámetros y la elección de los supuestos adecuados pone en duda la validez de los resultados de los modelos y se relaciona con el tercer punto y el más importante: los datos.
  - c) Para poder modelar y obtener resultados útiles para la toma de decisiones se deben tener datos precisos, confiables y oportunos. Datos imprecisos, inoportunos o equivocados harán que toda predicción sea absolutamente inútil (“garbage in, garbage out”).

Los datos aportados hasta ahora por el MINSAL han provocado una confusión muy grande y hacen imposible toda modelación, lo que nos ha llevado a la decisión de no seguir modelando sobre la base de estos datos, mientras no se tenga confianza en ellos, dejando de contribuir así con intentos de predicción del desarrollo de la epidemia en Chile.

Analicemos con detalle el fundamento de esta decisión.

- 1) **Casos reportados por el MINSAL**. Se reportan casos diarios por PCR confirmado del día anterior. Estudios ESP y otros han determinado que alrededor de un 35% de los casos al momento que se tiene el resultado del PCR, han pasado más de 14 días de los primeros síntomas. Esto significa que al momento que MINSAL reporta un caso, con probabilidad 0,35 este podría ya no ser un caso (está inactivo). Por otra parte, se estima, a partir de la letalidad reportada, que existe un subreporte de al menos un 49% en los últimos días.
- 2) **Casos activos**. Los infectados activos son casos que están cursando la enfermedad y por tanto son contagiosos. Son la fracción de mayor importancia desde el punto de vista epidémico. Los infectados activos corresponden a los casos nuevos reclutados en las últimas dos semanas menos aquellos que han fallecido. Si cada caso nuevo permanece como caso activo entre 10 y 14 días, entonces se debe esperar que exista una razón 1/10 a 1/14 entre casos nuevos y casos activos. Es decir, si se reportan 5.000 casos en un día, se espera que los casos activos sean al menos 50.000. Sin embargo aunque el MINSAL reporta del orden de 5.000 a 6.000 casos/día, se reportan alrededor de 25.000 casos activos. Se fundamenta esta diferencia en que el Departamento de Epidemiología calcula sobre la base de los primeros síntomas y no sobre PCR. Esto implica que los 25.000 (aproximadamente) de diferencia son casos que al momento del reporte dejaron de serlo, lo que refuerza la idea anterior. Esto es impresentable, ya que los modelos se basan sobre casos reportados y entonces uno se pregunta ¿Qué se está modelando realmente?
- 3) **Letalidad**. Más allá de lo dramático que es cada fallecimiento, desde el punto de vista de la modelación, la imprecisión en los datos en este ítem es impactante. El dato de letalidad se supone que es el dato más “duro”, refrendado por exámenes y por un certificado de defunción. La letalidad se usa para calibrar los modelos y para estimar el subreporte de casos. En el último tiempo hemos visto una impresionante variación con cambios a posteriori, cambios de metodología y saltos impresionantes en el número de fallecidos, como un día en que se agregaron 653 fallecidos. Esto se ha agravado aún más al conocerse un doble registro de casos, el oficial con alrededor de 3.000 casos y otro para OMS que incluye PCR(+) y probables, de más de 5.000. No significa esto que la metodología sea incorrecta. Un registro se refiere a PCR (+) y el otro a PCR (+) más casos probables, sin embargo, significa que la información es incorrecta. Toda posibilidad de calibración de los modelos se hace imposible ante el desconocimiento de la magnitud real de la letalidad. Siempre se debió reportar sobre la base de (PCR (+) más caso probable), con un registro de verificación posterior para

depurar la información, y no al revés. Es mejor sobre-estimar la magnitud de la carga (coeficiente de seguridad) que a la inversa. Observamos que ahora la letalidad corregida se elevó a 2,73%. De ser correctos los 5.000 fallecidos, la letalidad se eleva prácticamente al doble y la estimación del sub-reporte de casos nuevos y activos - que ya es de un 49% - también.

Esperamos realmente que haya un cambio en la estrategia del análisis, la entrega y la oportunidad de los resultados.

**II) Seguimos en momentos muy críticos de la epidemia y que es esperable que siga un importante número de casos y en la utilización de UCI en la semana 16 (14-21/6).**

**El requerimiento UCI llega hoy a 1.715 UCI con signos de saturación a nivel de muchos hospitales, con pacientes que requieren UCI y están en urgencia, o ventilados fuera de UCI.** SOCHIMI informa una ocupación UCI que llega a un 88% a nivel nacional y 95% a nivel de la RM, con 332 pacientes en ventilación mecánica fuera de UCI, hecho que se encuentra registrado desde el 18/5, con un incremento de 3,77 veces.

Hay **15 regiones con Re mayor que 1**, dos de ellas con muy alta población (RM y Valparaíso), Antofagasta, O'Higgins y Magallanes con valores muy altos. Hay **28 comunas de la RM y servicios de salud con Re mayores que 1**, lo que es un indicador de que a todo nivel la epidemia continua con gran carga. El **Re se mantiene sobre 1 aunque ha desacelerado, lo que se puede interpretar como efecto de las cuarentenas, incremento del subreporte y/o un cambio en la concavidad de la curva cuando nos acercamos al peak**, que podrá estar ocurriendo ya en estos días.

**El esfuerzo diagnóstico sigue teniendo valores altos en el porcentaje de positividad en la última semana.** Aunque el número absoluto de exámenes es importante, se debe seguir incrementando este esfuerzo para conocer la realidad de la magnitud de la infección y para tener una adecuada trazabilidad de los casos, lo que hará descender el riesgo en el momento en que des-escalen las intervenciones epidemiológicas. Los indicadores de riesgo están teniendo una relativa estabilización en la última semana, pero aún en valores muy altos.

**Mauricio Canals L. Prof. Titular ESP, Facultad de Medicina, U. de Chile**

**14 de Junio de 2020.**