Análisis del brote de Covid19 en Chile aplicando el Número básico de Reproducción.

DataIntelligence

11 de Agosto del 2020

El número básico de reproducción , término que proviene de los estudios demográficos, se refiere a la medida de la propagación de una enfermedad infecciosa y al paciente cero. Con él, se busca modelar la posible trayectoria de un brote. El tiene por objetivo predecir si una epidemia tenderá a expandirse, estabilizarse o disminuir en el transcurso del tiempo. En éste artículo definiremos el desde una perspectiva matemática, para contar con los antecedentes que nos permitan pasar a su definición práctica y así estar mejor preparados para comprender el significado que éste número básico de reproducción tiene al ser aplicado a diferentes comunas de Chile agrupadas por zona en el transcurso del tiempo. La pregunta a la que intentaremos dar respuesta es: ¿estamos en el momento adecuado de iniciar un proceso de desconfinamiento?

**1 Base matemática.**

El se deriva del modelo SIR, un sistema de ecuaciones diferenciales donde cada letra representa una función variable en el tiempo, correspondientes al tamaño de una población susceptible de ser contagiada, la infectada y la recuperada, respectivamente.

El modelo supone que la población susceptible se infecta a cierta tasa y se recupera a otra (tasas de transición). Así:



Donde:

1. La tasa de transición de los susceptibles a los infectados es el número medio de contactos por unidad de tiempo .
2. La tasa de transición de los infectados a los recuperados es el número de recuperados por unidad de tiempo dividido por el total de infectados

En este contexto, la expresión:

es el Número Básico de Reproducción.

Una solución del sistema de ecuaciones diferenciales del modelo SIR es:



donde N es el tamaño de la población en estudio.

Con ésta ecuación podemos determinar el valor de empíricamente reemplazando su valor con la expresión antes obtenida y aplicando un análisis de regresión lineal.

El número básico de reproducción (con signo inverso) será entonces la pendiente de la siguiente la recta de regresión:



**2 Definición práctica.**

En términos más coloquiales, el número básico de reproducción se puede definir como la cantidad de contagios que una persona infectada provoca en cierto intervalo de tiempo y sirve, por lo tanto, para determinar cuán transmisible una enfermedad infecciosa es.

Una vez determinado el para una situación epidemiológica específica, es necesario evaluar en cuál de las siguientes posibilidades se encuentra, a objeto de concluir respecto al estado de propagación de la enfermedad, a saber:

1. Si es menor que 1, cada individuo infectado causará menos de una infección nueva. Así, la enfermedad tenderá a disminuir y finalmente desaparecerá.
2. Si es igual a 1, cada infección existente causará exactamente otra nueva. La enfermedad se mantendrá viva y estable, pero no habrá evidencia de un inminente nuevo brote o una menor incidencia de ella.
3. Si es mayor a 1, cada infección existente causará más de una nueva. La enfermedad se transmitirá más profusamente y podría alcanzar el nivel de epidemia.

Sólo se detendrá la propagación de una enfermedad infecciosa cuando el sea menor a uno.

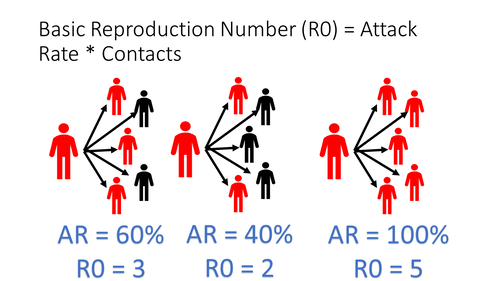


Figura n° 1. Fuente: https://www.methodsman.com/blog/understanding-the-numbers-behind-covid-19

Conocida la base matemática y su definición práctica, a continuación se muestran algunos resultados de la aplicación del modelo SIR a las distintas comunas de Chile para el COVID-19, a partir de lo que es posible evaluar cómo ha sido la variación del Número Básico de Reproducción en ellas a lo largo de un periodo determinado.

Un estudio estableció que la transmisibilidad del Covid-19 corresponde a un de 5,71[[1]](#footnote-1), según el Colegio Médico de Chile éste valor en promedio en el mundo de 2,35[[2]](#footnote-2).

**3 Análisis gráficos.**

La figura n°2 muestra que éste valor fue superado durante los primeros días de infección en las comunas de Osorno, Providencia y Punta Arenas, alcanzando un valor mayor a 3.

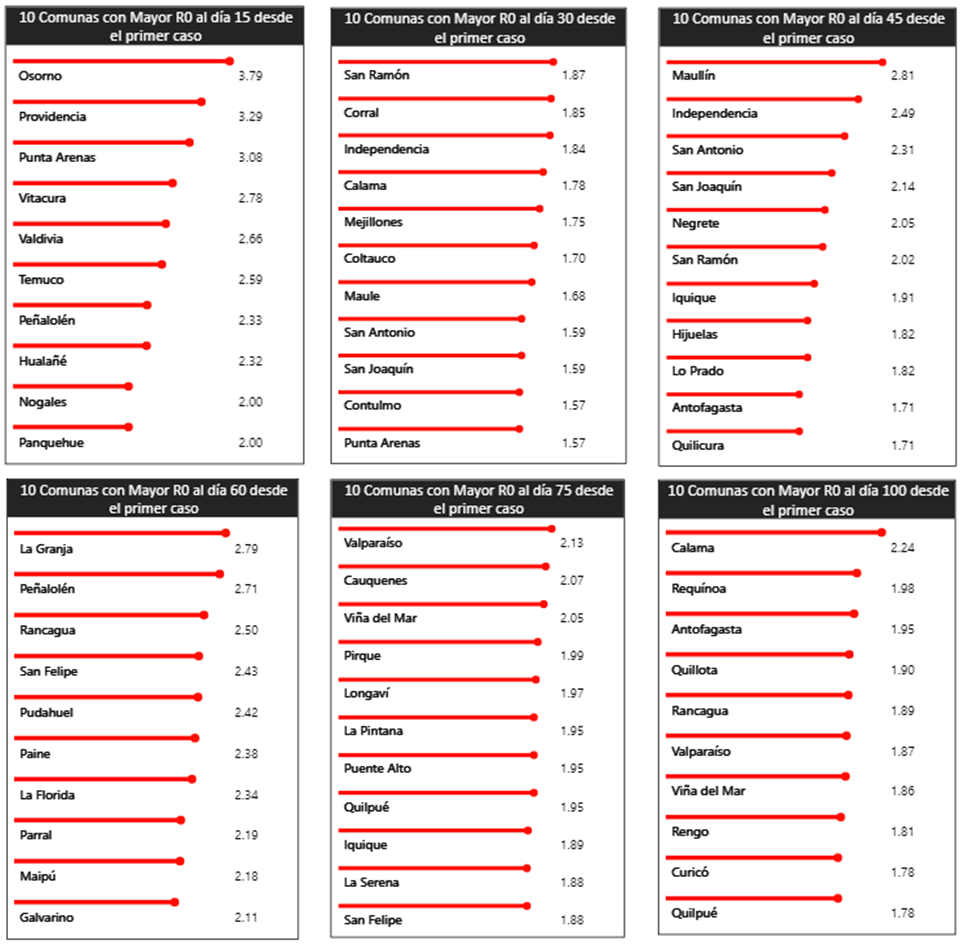


Figura n° 2: Número Básico de Reproducción para las 10 comunas con mayores R0 en 6 momentos de la evolución de la pandemia: 15, 30, 45, 60, 75 y días corridos desde el primer caso. Elaboración propia, 2020.

**3.1 Evolución del R0 en el tiempo por zonas en Chile.**

Si bien el no es el único indicador que debe ser considerado al momento de implementar políticas públicas destinadas a detener la transmisibilidad de una epidemia en una población (también es crítico evaluar los bolsones de marginalidad en los que se concentra la pobreza y el hacinamiento -se ha visto en Estados Unidos que el Covid-19 ha golpeado a las comunidades negra y latina con más fuerza que al resto de la sociedad (ver figura n°3)-[[3]](#footnote-3), la precariedad laboral que obliga a las personas a trabajar en la vía pública exponiéndose al virus, o el grado de conciencia dentro de una sociedad de la necesidad del respeto a las medias sanitarias como el distanciamiento social y el uso de mascarillas -China es un ejemplo paradigmático de éstas prácticas-[[4]](#footnote-4), su análisis resulta clave para evaluar el grado de control al que está sujeto un brote[[5]](#footnote-5).

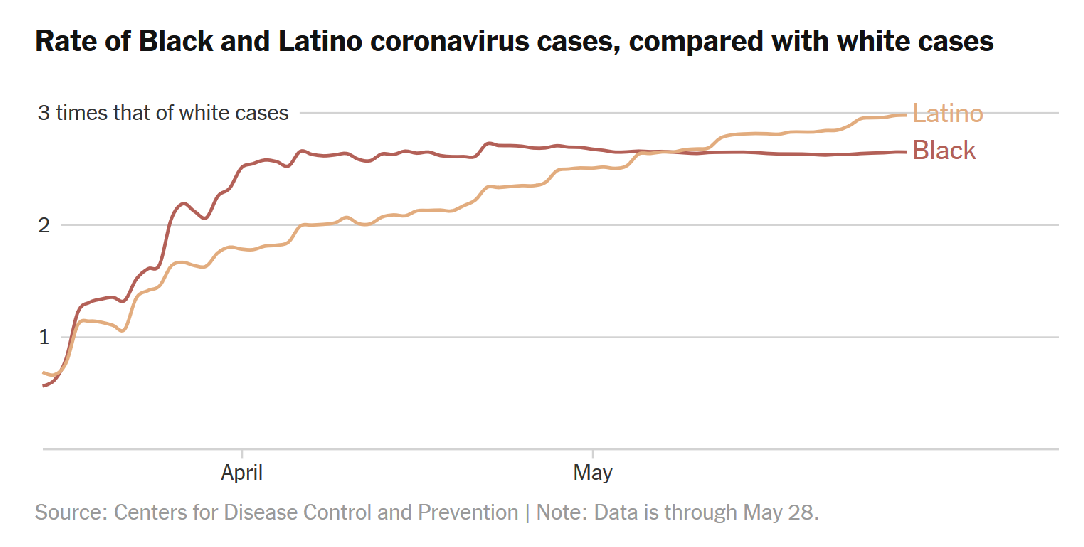


Figura n°3: https://www.nytimes.com/interactive/2020/07/05/us/coronavirus-latinos-african-americans-cdc-data.html

Al comienzo de la pandemia, en Chile no se implementaron las medidas suficientes que garantizasen que el brote se mantuviese bajo control. Lo anterior queda demostrado por el nivel al que llegó el un mes después de que se decretasen en forma masiva las cuarentenas totales el 15 de Mayo[[6]](#footnote-6).

Si no se hubiese tomado ésta medida, el hubiese sido aún mayor, pero si se hubiese tomado antes, no se habría llegado a los niveles que alcanzó el alrededor de un mes después. Faltó precisión en el momento de decidir tomar de la medida del confinamiento total. Calama sufrió de particular manera el azote del virus llegando a fines Junio a un de casi 4 (ver figura n°4), uno de los mayores que alcanzó comuna alguna de Chile en el transcurso de la pandemia, que podemos inferir tiene relación con el trabajo ininterrumpido en la mina de Chuquicamata.

Pero si bien tarde, se colige de las gráficas que las medidas de cuarentena son de la mayor importancia y fueron en extremo eficaces para controlar la propagación de los contagios. Desde el mes de Julio, uno después del confinamiento obligatorio, se puede observar en casi todas las gráficas un descenso continuo y sostenido el número . La excepción la tienen algunas comunas de la zona sur de Chile (ver figura n°8).

Lo anterior nos permite empíricamente determinar el tiempo que toma controlar la expansión de la transmisibilidad de un virus como el Covid19 desde que se toman medidas de control como la cuarentena total. Los efectos del confinamiento tardan alrededor de un mes en expresarse en la realidad, tiempo dentro del cual se continúa expandiendo.

Llegamos a un dato muy interesante. Dijimos que según el Colegio Médico de Chile, el valor promedio del en el mundo es de 2,35, un valor muy cercano en torno al cual se ha estabilizado el número básico de reproducción en casi todas las comunas de Chile después de casi tres meses de confinamiento total.

**3.2 Gráficas**

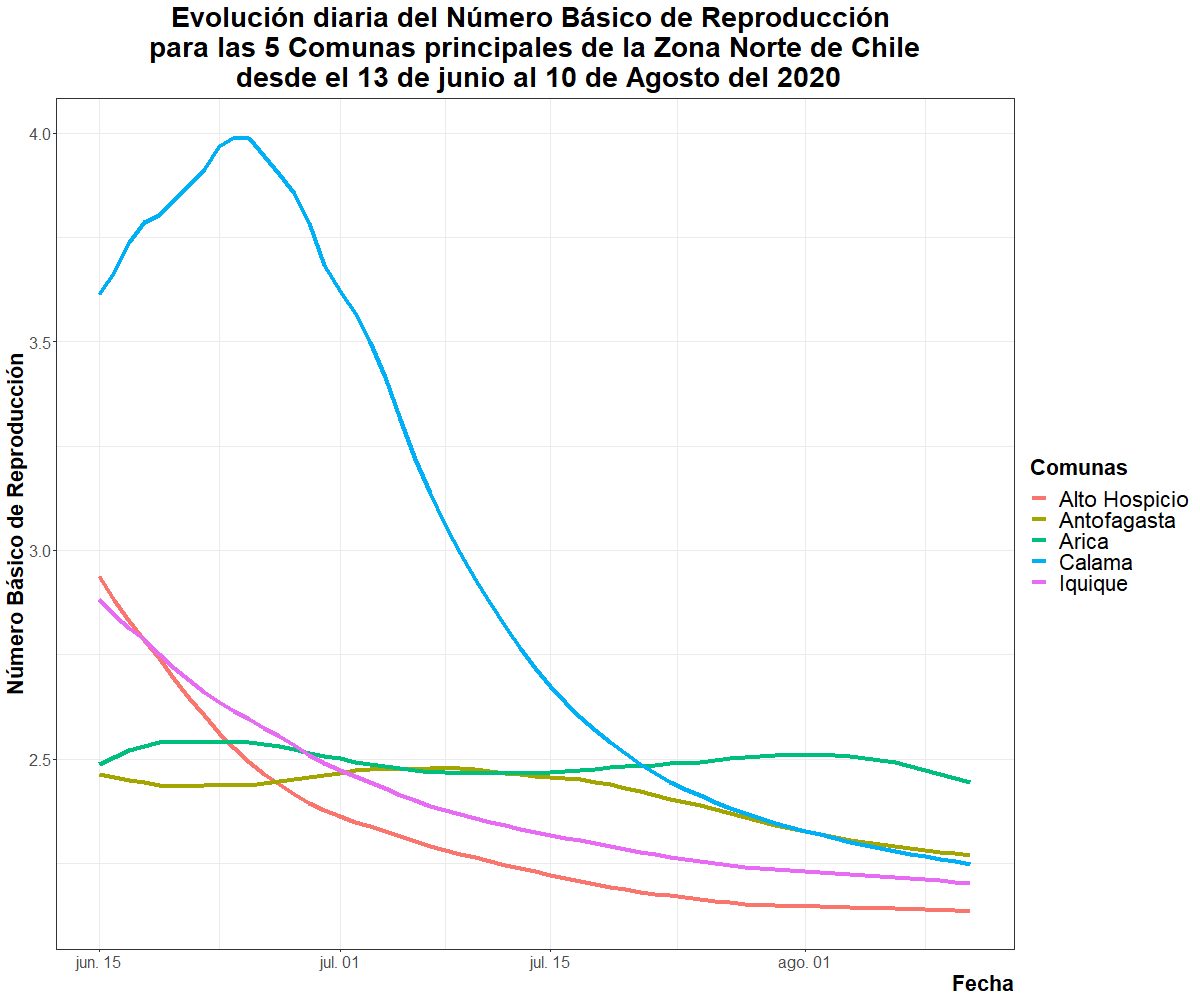


Figura n°4: Gráfica construida con R, elaboración propia, 2020.

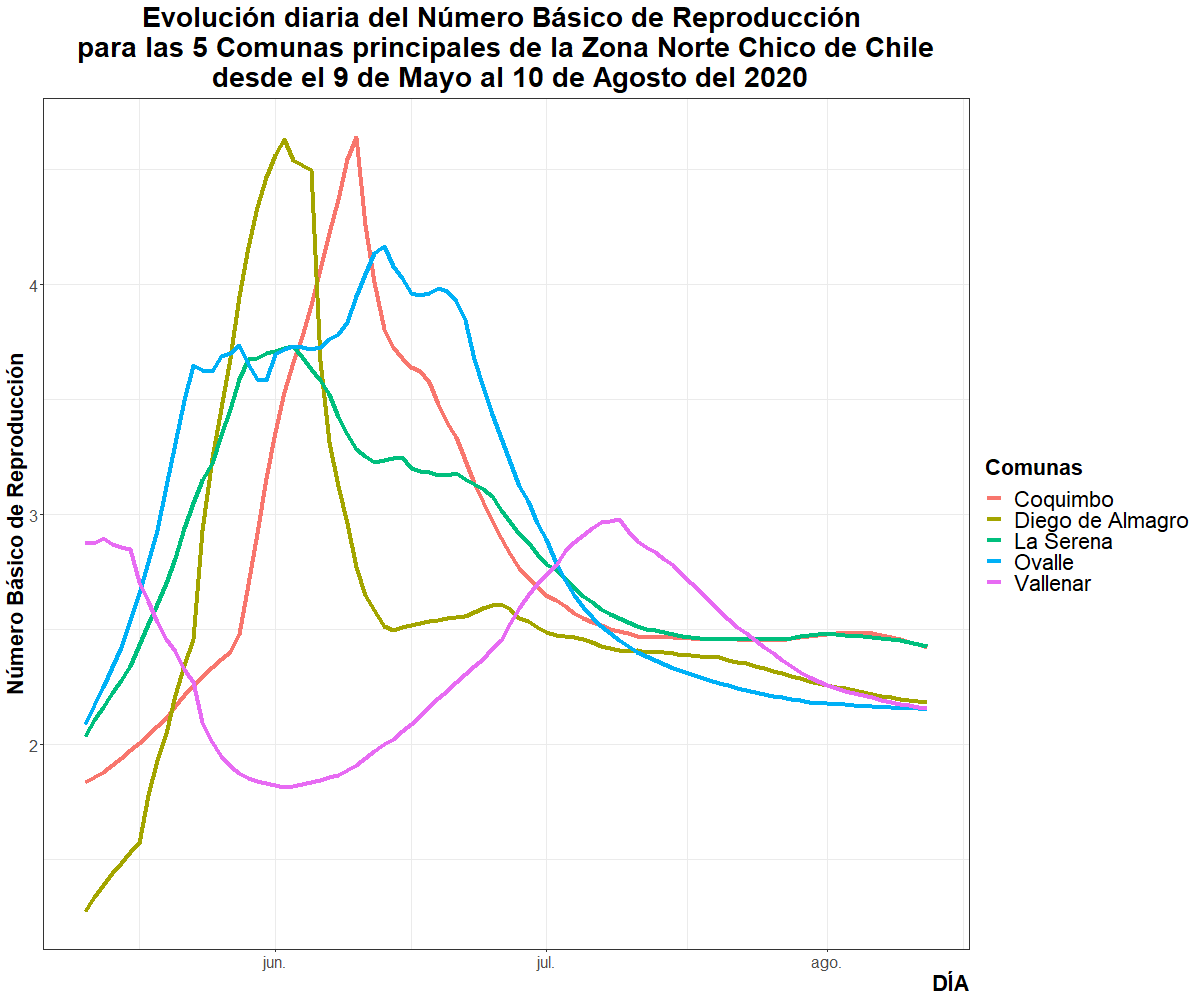


Figura n°5: Gráfica construida con R, Elaboración propia, 2020.

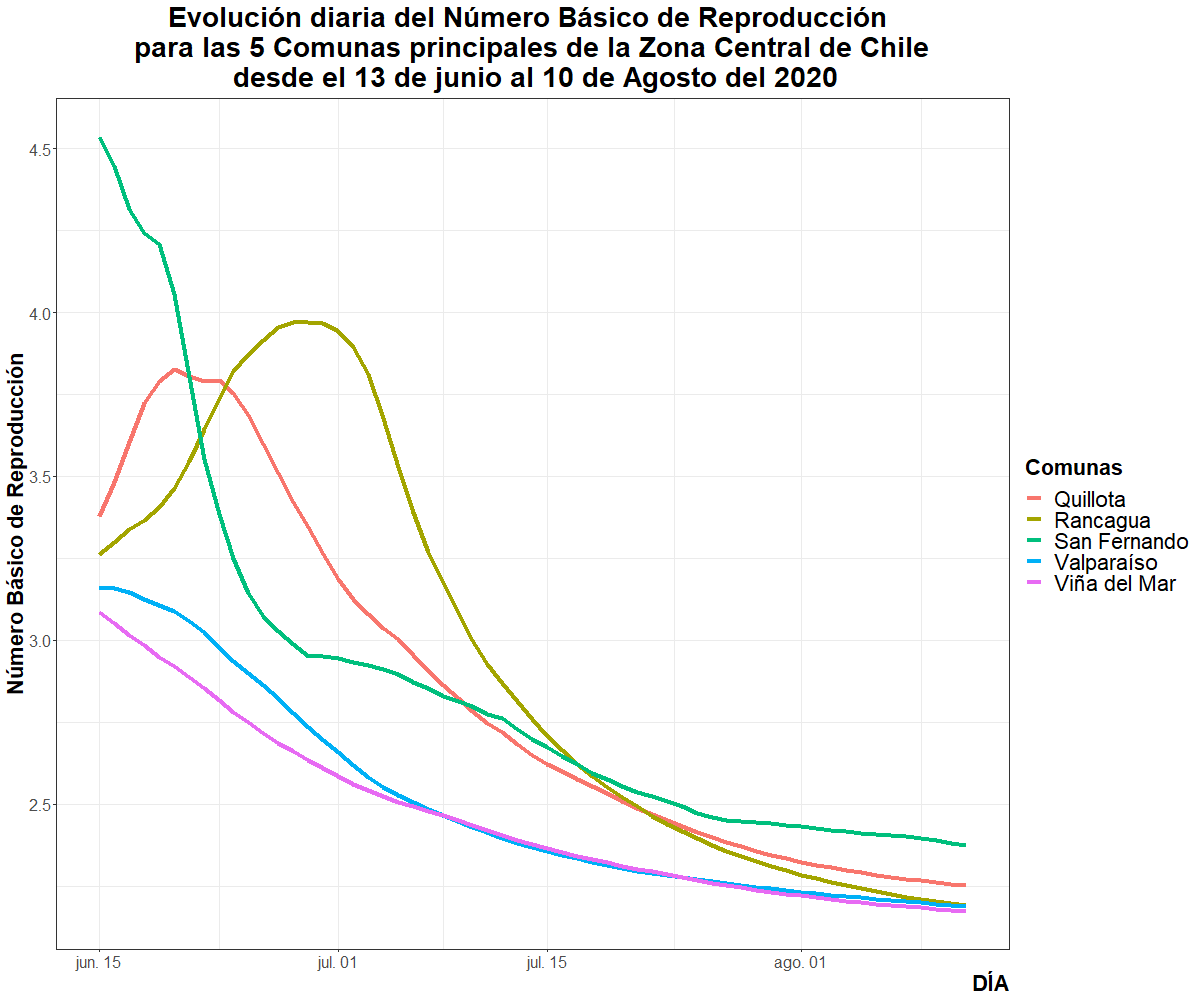


Figura n°6: Gráfica construida con R, Elaboración propia, 2020.

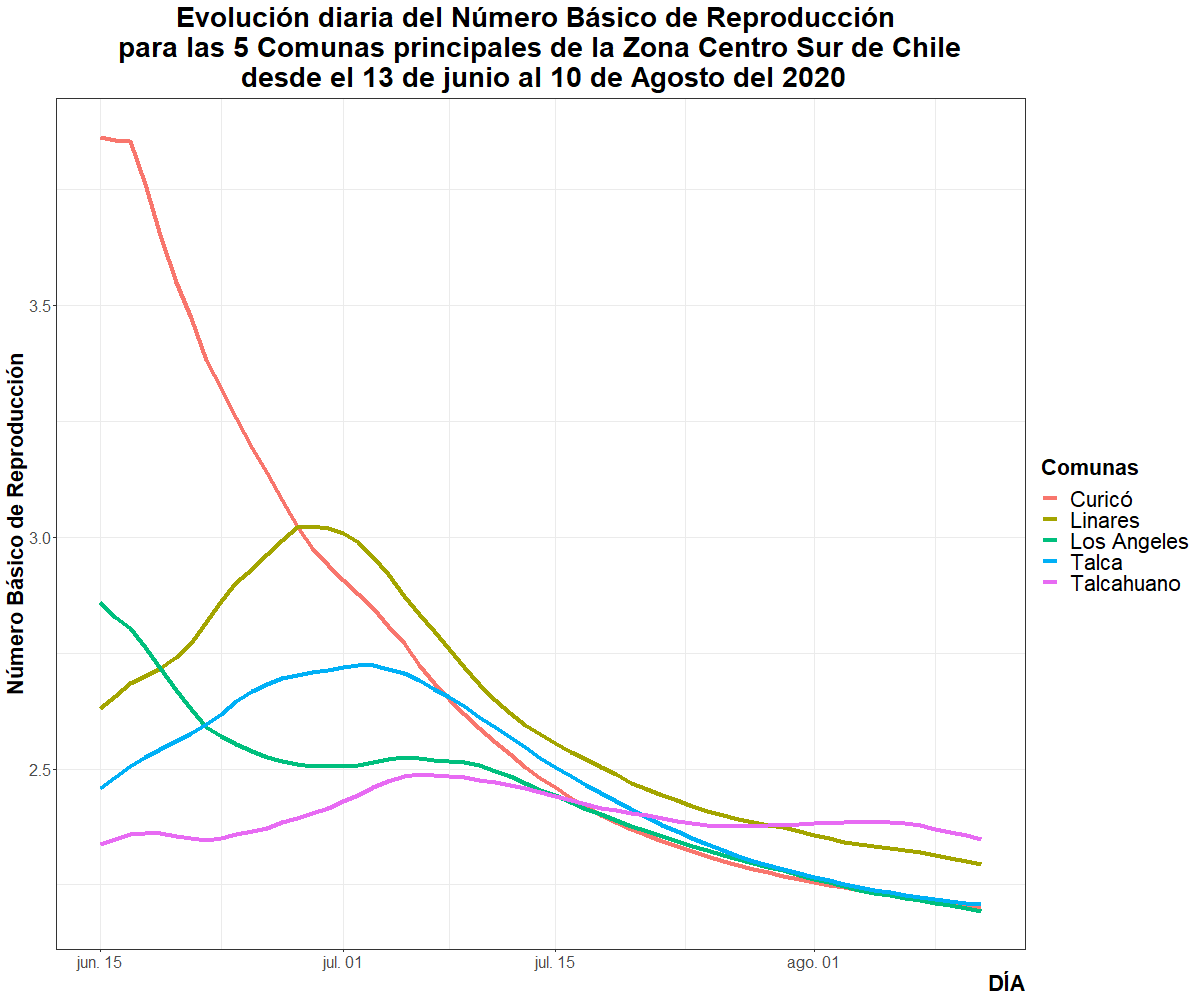


Figura n°7: Gráfica construida con R, Elaboración propia, 2020.

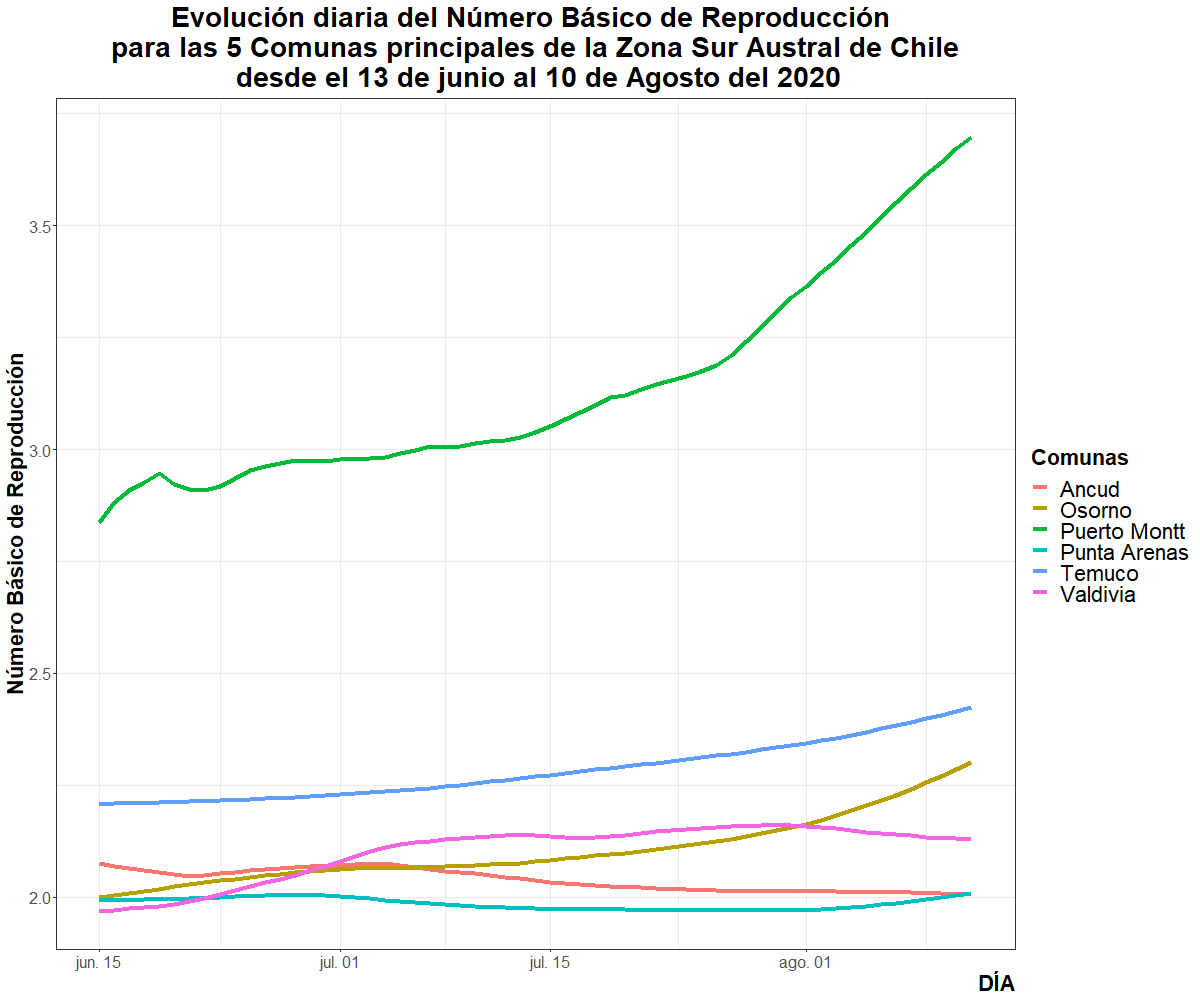


Figura n°8: Gráfica construida con R, Elaboración propia, 2020.

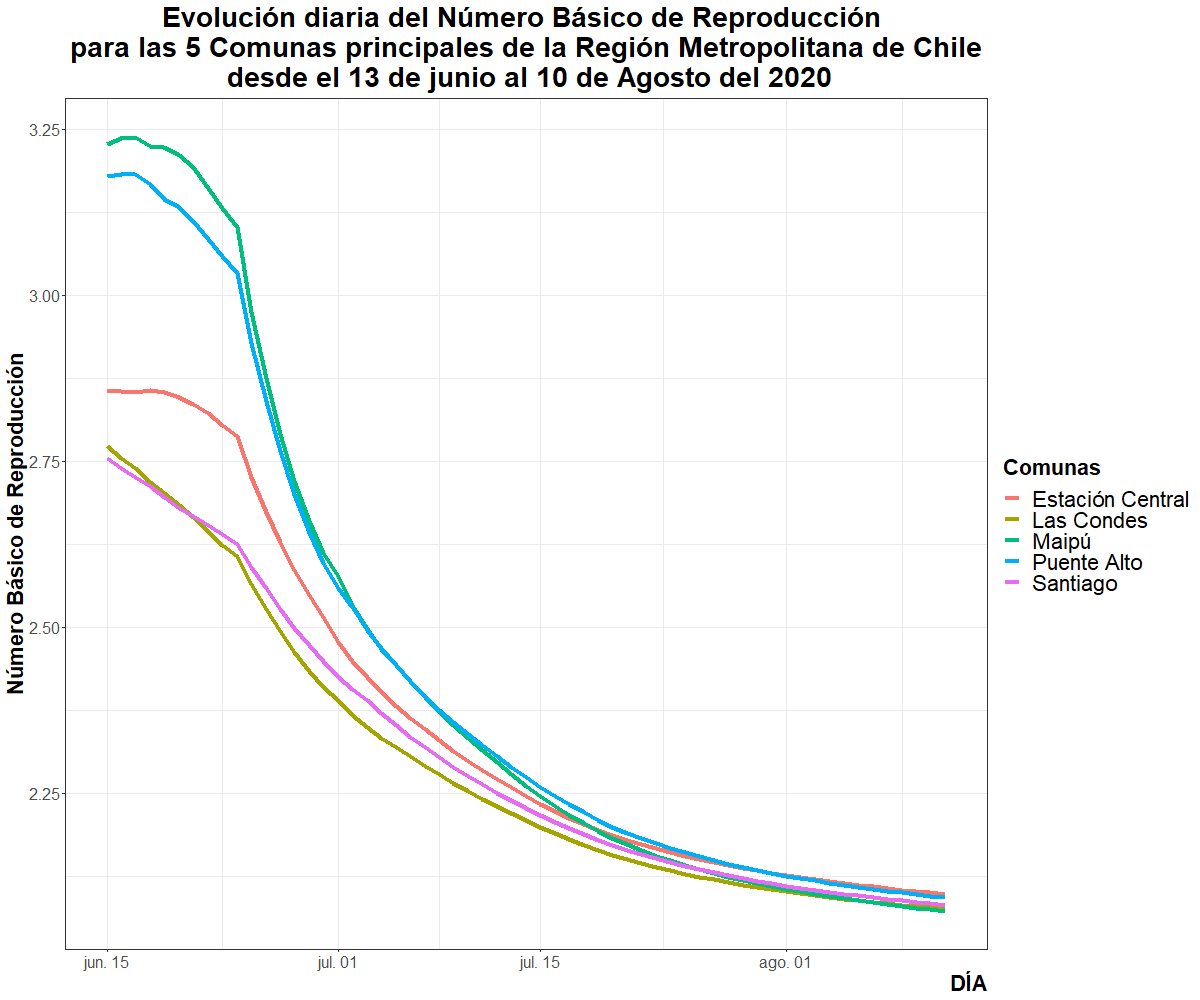


Figura n°9: Gráfica construida con R, Elaboración propia, 2020.

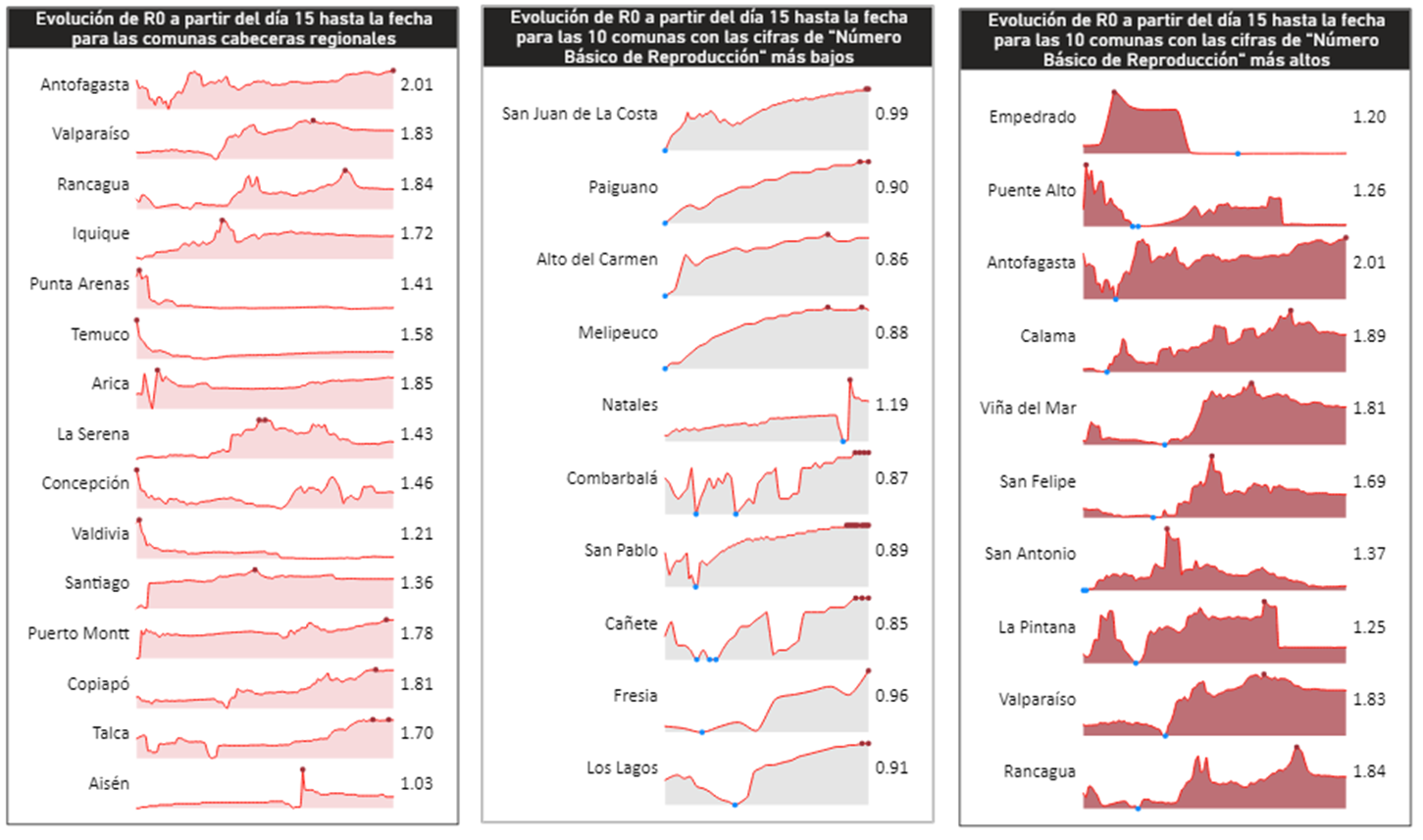


Figura n°10: Elaboración propia, 2020.

**4 Conclusiones**

Observamos que el Número Básico de Reproducción al día de hoy no alcanza los valores deseables menores a uno que permitirían asegurar que la pandemia en Chile esté controlada.

Siendo el nivel de transmisibilidad cuantificado en el un indicador clave que permitiría determinar el momento adecuado para comenzar el desconfinamiento, sobretodo en Santiago que concentra la mayor población del país, no parece ser éste el momento indicado para iniciar el desconfinamiento. Lo recomendable es que comience cuando los valores sean mucho más próximos a 1, lo que indicaría que la situación está a punto de estar bajo control. Hasta el día de hoy, todas las comunas revisadas presentan un valor mayor o igual a 2. El brote parece estar fuera de control en Puerto Montt. Hay algunas comunas que requieren de una intervención especial.

Tomar la decisión de desconfinar es una de las más difíciles para cualquier democracia debido al inestable equilibrio entre economía y cuarentena, por lo que herramientas estadísticas como el resultan imprescindibles para aliviar esta carga y tomar las mejores posibles. Es en éste sentido en el que esperamos haber aportado.

1. Sanche, S., Lin, Y., Xu, C., Romero-Severson, E., Hengartner, N., & Ke, R. (2020). High Contagiousness and Rapid Spread of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2. Emerging Infectious Diseases, 26(7), 1470-1477. https://dx.doi.org/10.3201/eid2607.200282.https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0282\_article [↑](#footnote-ref-1)
2. http://www.colegiomedico.cl/wp-content/uploads/2020/03/COVID-19.pdf [↑](#footnote-ref-2)
3. https://www.nytimes.com/interactive/2020/07/05/us/coronavirus-latinos-african-americans-cdc-data.html [↑](#footnote-ref-3)
4. https://www.sixthtone.com/news/1005177/a-brief-history-of-face-masks-in-china [↑](#footnote-ref-4)
5. Éste análisis será complementado en futuras entregas con proyecciones sobre series de tiempo. [↑](#footnote-ref-5)
6. https://www.minsal.cl/ministerio-de-salud-decreta-cuarentena-total-para-la-ciudad-de-santiago-y-seis-comunas-aledanas/ [↑](#footnote-ref-6)