Simulaciones de la pandemia del COVID-19 en RD cuando es necesaria la visita a centros de acopio
(Versión Borrador)

Gustavo Caffaro
(NYU)

4/6/2020

Introducción

Quedarse en casa no es una opción para muchas personas en la República Dominicana. Si bien es cierto que gran parte de los habitantes de las grandes ciudades del país tienen acceso a envíos a domicilio, los sectores más vulnerables de la población no cuentan con estas facilidades. A esto se suma la necesidad de muchos (al menos el 28% de los empleados formales, según el Listín Diario) de encontrar fuentes de ingreso que compensen por la pérdida de sus empleos. Si bien es cierto que el Gobierno ha respondido a esta última necesidad con el Fondo de Asistencia Solidaria al Empleado (FASE), la necesidad de salir de compras atenta contra el aislamiento obligatorio impuesto por el Poder Ejecutivo durante estos tiempos de epidemia.

Este artículo intenta trazar distintos escenarios de esparcimiento del virus COVID-19 cuando se reconoce la necesidad de la población de abastecerse de manera regular, lo que obliga a las personas que no cuentan con servicio a domicilio de salir del aislamiento de su hogar y exponerse al virus del COVID-19.

Este artículo se inspira en las simulaciones de expansión de pandemias de Harry Stevens del Washington Post y de Grant Sanderson de 3blue1brown. Decidí basarme en el esquema de Sanderson, donde las personas visitan un mismo centro con cierta regularidad. El aporte que hago en estas simulaciones[1] se encuentra en los siguientes cuatro puntos:

1. se considera la posibilidad de tener más de un centro de abastecimiento
2. se consideran dos grupos de personas infectadas (aquellas que muestran síntomas y aquellas que todavía no, es decir, están en el período pre-sintomático)
3. las personas pueden demorar entre 1-3 horas en los centros de abastecimiento
4. se consideran los efectos de variar las horas de toque de queda diario.

Detalles y supuestos de la simulación

Considera un mundo de mil individuos donde en cada período de tiempo, cada individuo pertenece a solo uno de estos cuatro grupos: susceptible, infectado, recuperado o fallecido (o deceased, por su nombre en inglés).

En este mundo, cada individuo se mantiene siempre en su casa, menos cuando necesita abastecerse de comida o medicina, y decide visitar el mercado, supermercado, farmacia, o cualquier otro centro de acopio para suplirse. Este individuo puede almacenar suficiente comida o medicina por varios días, pero en algún momento los suministros se acaban y la persona decide una vez más salir a abastecerse.

[1] El código de las simulaciones se puede encontrar en https://github.com/gcaff/COVID-19-RD . Adicionalente, una aplicación web en la que se pueden generar simulaciones utilizando el código antes descrito se puede encontrar en el siguiente enlace https://gcaff.shinyapps.io/COVID19_Sim/

Mientras el individuo permanezca en casa, se mantiene aislado del mundo y por tanto libre de riesgo de contraer el virus COVID-19. La probabilidad de que un individuo salga de casa es inversamente proporcional al producto entre el número de horas de libre tránsito, H, y el tiempo (en días) que dura abastecido con sus suministros, d_{compra}:

$$P(salir) = \frac{1}{d_{compra} * H} = \frac{1}{14H},$$

donde se asume que $d_{compra} = 14$ (equivalente a dos semanas).

Al momento de salir a la calle, entra en contacto con otras personas que potencialmente lo tengan. Una persona infectada contagia a una persona sana con probabilidad τ si ambas visitan el mismo centro de acopio al mismo tiempo. Mientras más personas infectadas visitan el mismo centro, se hace más probable para cada persona sana contraerlo.

La probabilidad de infección para cada persona sana (susceptible) en cada período, entonces, viene dada por

$$P(I|A_j) = 1 - P(\neg I|A_j) = 1 - (1-\tau)^{n_{i,j}},$$

donde I denota infección, A_j es el evento que ocurre cuando el individuo visita el centro de acopio j, y $n_{i,j}$ es el número de personas infectadas y todavía asintomáticas que visitan el mismo centro de acopio. En otras palabras, la probabilidad de infección para cualquier individuo sano es igual al complemento de la probabilidad de no infectarte, donde esta última es la probabilidad de que ninguna de las personas infectadas lo infecten. Por ejemplo, si τ es la probabilidad de que una persona infecte a otra, la probabilidad de un individuo sano salir sin infección cuando hay dos personas en el mismo lugar es $(1-\tau) \cdot (1-\tau)$, dado que estos eventos son independientes.

Las personas que muestran síntomas no salen de su casa hasta que estén sanas. Al tercer día de la enfermedad[2], el individuo puede desarrollar síntomas con probabilidad $P(I \wedge Sint) = p_{i,sim} = 0.8$ [3]. Cada persona infectada se recupera a los 14 días de la infección, a menos que fallezca algún momento antes con probabilidad igual al producto de la tasa de mortalidad y el tiempo de infección:

$$P(F_t|I_t) = r_m/p_e,$$

donde r_m es la tasa de mortalidad y p_e es el número de períodos que dura la enfermedad. Si la persona logra recuperarse, desarrolla inmunidad al virus y no vuelve a contagiarse.

Finalmente, cada persona es indiferente ante cuál centro de acopio visitar, por tanto escoge con igual probabilidad el centro en el que hará sus compras.

Veamos en la próxima sección cómo evoluciona el virus COVID-19 en un mundo con estas condiciones.

Resultados

A continuación se presenta el promedio de los resultados de 25 simulaciones para 12 escenarios:

- Cuando la probabilidad de infección es $\tau = 0.5$
  - Cuando el número diario de horas de libre circulación $H = 9$ (el esquema actual de toque de queda, de 6am a 5pm)
    - Un solo centro de abastecimiento (CA=1)
    - Tres centros de abastecimiento (CA=3)
    - Cinco centros de abastecimiento (CA=5)
  - Cuando el número de centros de abastecimiento es 3: (CA=3)
    - El número de horas de libre circulación es $H = 7$

[2] Según la Organización Mundial de la Salud, el período pre-sintomático es de 3-5 días en promedio https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200402-sitrep-73-covid-19.pdf

[3] La OMS reconoce que este número se encuentra entre 0.15 y 1: https://www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-similarities-and-differences-covid-19-and-influenza. Mientras más cercano a 1, más difícil es la propagación del virus, por tanto asumí un supuesto conservador de $p_{i,sim} = 0.8$

- $*$ El número de horas de libre circulación es $H = 11$
- $*$ El número de horas de libre circulación es $H = 15$

- Cuando la probabilidad de infección es $\tau = 0.25$. Esto ocurre cuando la población es más higiénica, por ejemplo, lavándose las manos con mayor frecuencia
  - Cuando el número diario de horas de libre circulación $H = 9$ (el esquema actual de toque de queda, de 6am a 5pm)
    - $*$ Un solo centro de abastecimiento (CA=1)
    - $*$ Tres centros de abastecimiento (CA=3)
    - $*$ Cinco centros de abastecimiento (CA=5)
  - Cuando el número de centros de abastecimiento es 3: (CA=3)
    - $*$ El número de horas de libre circulación es $H = 7$
    - $*$ El número de horas de libre circulación es $H = 11$
    - $*$ El número de horas de libre circulación es $H = 15$

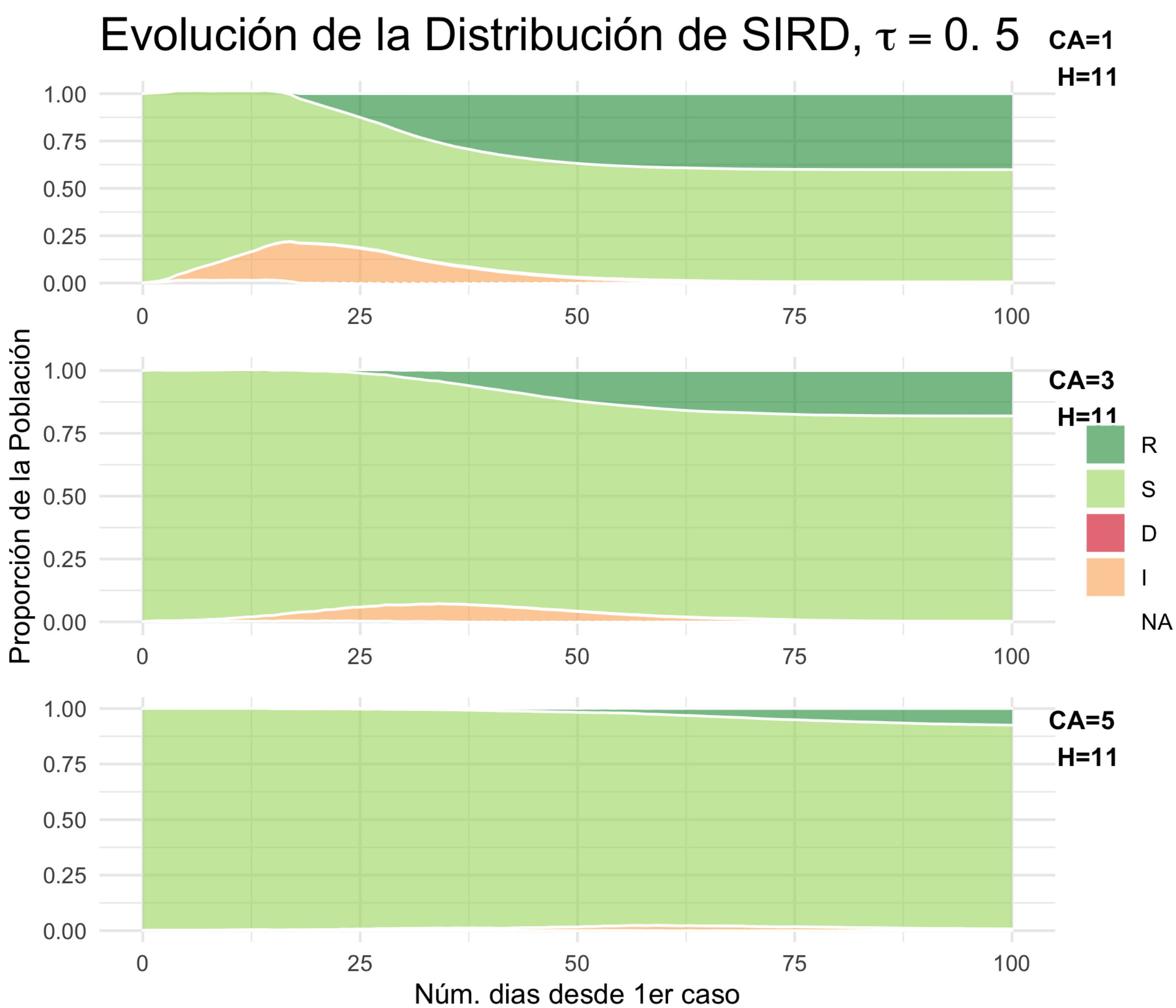

Figure 1: Evolución de la proporción de susceptibles (S), infectados (I), recuperados (R) y fallecidos (D) durante un período de 100 dias cuando la probabilidad de infección, τ, es igual a 0.5. En las filas 1,2,3 se encuentra el resultado de las simulaciones cuando el número de centros de acopio (CA) es 1, 3, y 5, respectivamente.

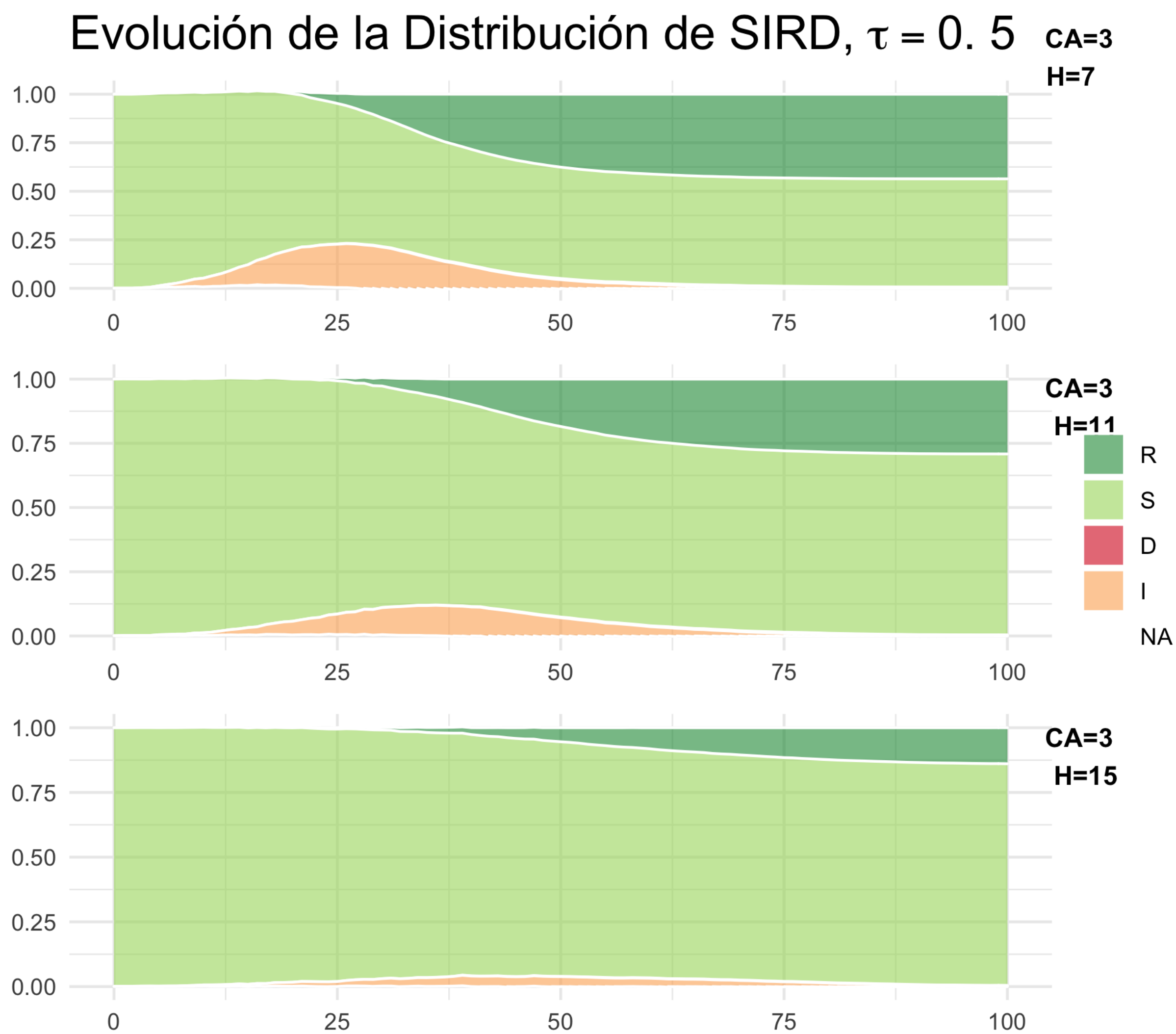

Figure 2: Evolución de la proporción de susceptibles (S), infectados (I), recuperados (R) y fallecidos (D) durante un período de 100 dias cuando la probabilidad de infección, τ, es igual a 0.5. En las filas 1,2,3 se encuentra el resultado de las simulaciones cuando el número diario de horas de libre circuación (H) es 7, 11, y 15, respectivamente.

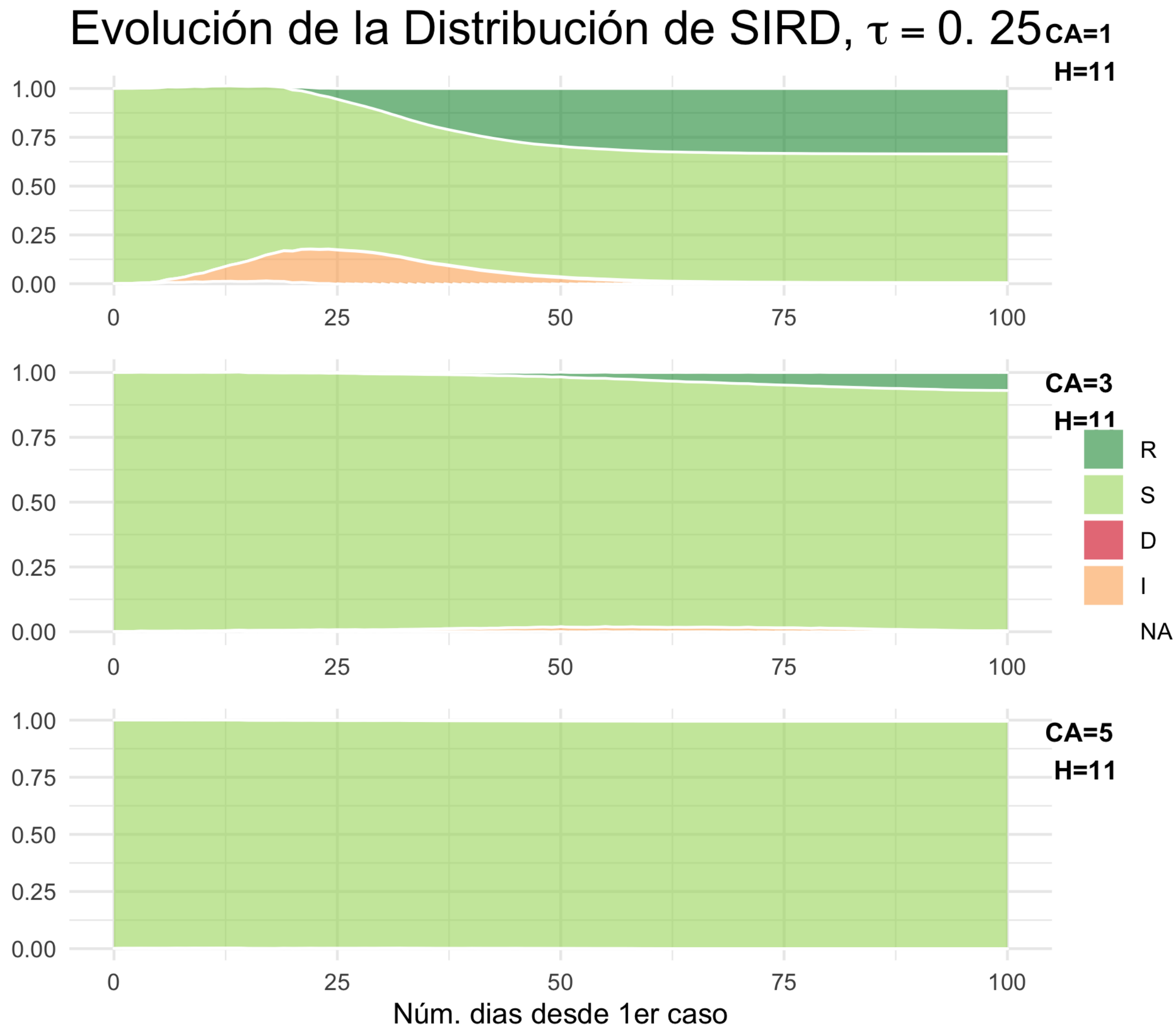

Figure 3: Evolución de la proporción de susceptibles (S), infectados (I), recuperados (R) y fallecidos (D) durante un período de 100 dias cuando la probabilidad de infección, τ, se reduce a 0.25. En las filas 1,2,3 se encuentra el resultado de las simulaciones cuando el número de centros de acopio (CA) es 1, 3, y 5, respectivamente.

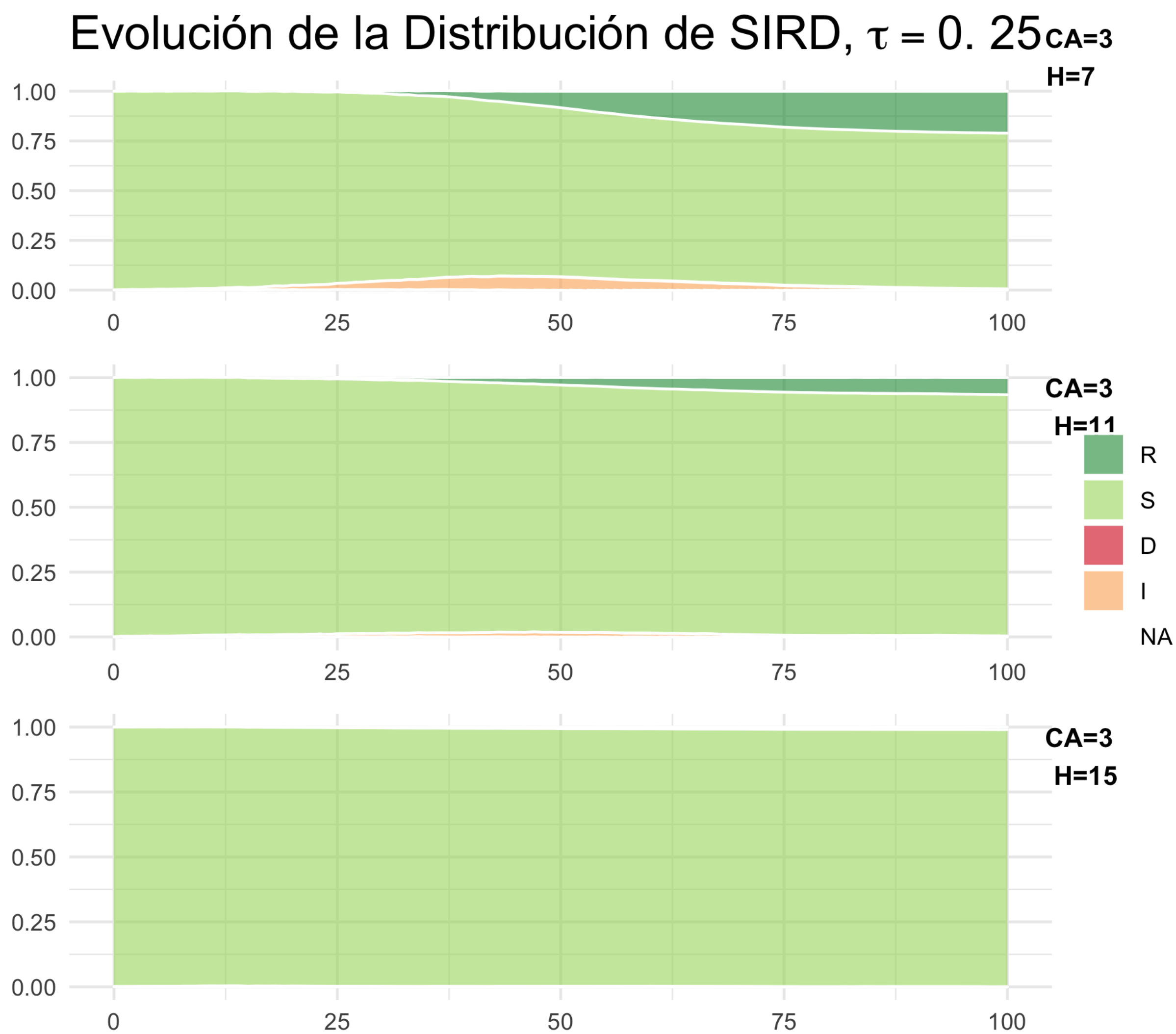

Figure 4: Evolución de la proporción de susceptibles (S), infectados (I), recuperados (R) y fallecidos (D) durante un período de 100 dias cuando la probabilidad de infección, τ, se reduce a 0.25. En las filas 1,2,3 se encuentra el resultado de las simulaciones cuando el número diario de horas de libre circuación (H) es 7, 11, 15, respectivamente.

Conclusiones

- Las personas asintomáticas o en la fase pre-sintomática son las que presentan el mayor riesgo de esparcimiento del virus, ya que al no presentar síntomas, esparcen el virus de manera involuntaria cuando visitan centros de abastecimiento concurrido por personas sanas.
- En comunidades donde no hay facilidades para las personas de permanecer en casa, una cuarentena más estricta (menos horas para salir a abastecerse) tiene el efecto contrario del deseado: las personas tienen menos tiempo para abastecerse, por tanto visitan en mayores números los centros de acopio. Esto causa que más personas estén en riesgo de contraer el virus.
  - Por tanto, el enfoque de las autoridades debe ser, más que en cuarentenar a la población por períodos largos (como una cuarentena de 24 horas), en higienizar las calles, educar la población, e identificar aquellas personas asintomáticas de la manera más rápida posible. Esto se puede

alcanzar haciendo pruebas a toda la población sin importar si reportan síntomas o no.

- A mayor número de centros de acopio, menor el número de visitas, por lo que es menor el riesgo de que un individuo sano se encuentre con un individuo infectado y asintomático.
  - Extender el número de centros de acopio tiene efectos significativos en la propagación del COVID-19. Esto es de particular importancia para las autoridades que regulan los comercios autorizados de la Red de Abastecimiento Social (RAS).