

Simulación de COVID-19 en Argentina

Martín Villagra

Abril 2020

1. Introducción

Se presenta un modelo para simular la propagación del virus COVID-19 sobre la población argentina, basado el clásico modelo SEIR y el utilizado por [1]. El modelo posee las siguientes características:

compartimental La población se particiona en conjuntos, donde las personas de un conjunto poseen alguna característica en común.

tiempo discreto Cada iteración de la simulación representa un día transcurrido.

basado en agentes Se genera una población virtual que simula la real a nivel individuo.

estocástico La simulación no es determinista, el resultado de algunos procesos dependen de variables aleatorias.

2. Modelo

La población se particiona en los siguientes compartimientos: S (Susceptibles), E (Expuestos), I_1 (Infectados moderadamente), I_2 (Infectados severamente), I_3 (Infectados críticamente), R (Recuperados) y M (Muertos). Las definiciones de infectados pueden verse en la Sección 5.

Simbolizamos el compartimiento C al día d como C^d .

Se definirá el modelo dando la probabilidad de que una persona q esté en el compartimiento X_d^d en el día d , dados sus compartimientos en los días anteriores $\{X_1^1, \dots, X_{d-1}^{d-1}\}$:

$$p(q \in X_d^d | q \in \cap_i^{d-1} X_i^i)$$

2.1. Estado inicial

Toda la población es susceptible en el día 1: $p \in S^1 \forall p$.

2.2. Transiciones

Las transiciones posibles entre compartimientos se muestran en el diagrama 1. Se procede a especificar cada una.

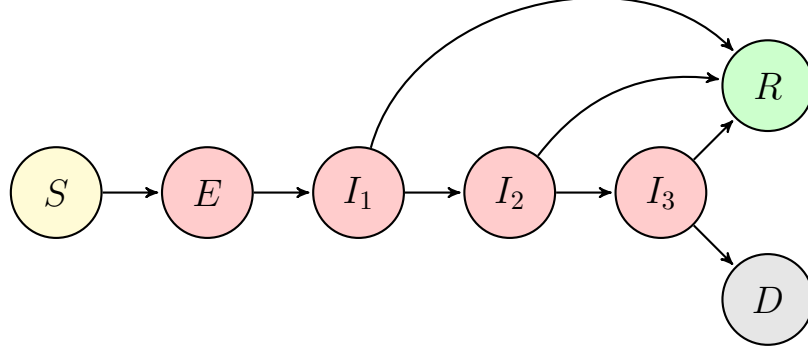


Figura 1: Diagrama de transiciones posibles de una persona.

2.2.1. $S \rightarrow E$

Para modelar los contagios se definen entornos de contagio, representados como conjuntos de personas $\{\mathcal{E}_1, \dots, \mathcal{E}_n\}$. Cada entorno \mathcal{E}_i posee una categoría \mathcal{C}_i , donde $\mathcal{C}_i \in \{\text{hogar, escuela, trabajo, vecindario, provincia, país}\}$. La probabilidad de que la persona q se exponga al virus en el día d se establece como:

$$p(q \in E^{d+1} | q \in S^d) = \sum_{q \in \mathcal{E}_i}^i \beta_{\mathcal{C}_i} \|I_1 \cap \mathcal{E}_i\|$$

Donde $\beta_{\mathcal{C}_i}$ es una constante que representa la probabilidad de contagio directo en el entorno de categoría \mathcal{C}_i , que se encuentra relacionada a la naturaleza de la enfermedad y de la categoría del entorno. Estas constantes deberán ser ajustadas para que la simulación arroje el R_0 deseado bajo condiciones conocidas y vigilando que la proporciones entre fuentes de contagios sean las esperadas como se hizo en [1].

2.2.2. $E \rightarrow I_1$

Una persona expuesta siempre se va a enfermar transcurrido el tiempo de incubación.

$$p(q \in I_1^d | q \in \cap_{j=1}^{\Delta E} E^{d-j} \cap S^{d-\Delta E-1}) = 1$$

Donde ΔE corresponde al tiempo de incubación de la enfermedad en días, es una variable aleatoria medida empíricamente en [2].

2.2.3. $I_1 \rightarrow R, I_2$

$$p(q \in R^d | q \in \cap_{j=1}^{\Delta I_1} I_1^{d-j} \cap E^{d-\Delta I_1-1}) = \gamma_{\text{edad}}(q)$$

$$p(q \in I_2^d | q \in \cap_{j=1}^{\Delta I_1} I_1^{d-j} \cap E^{d-\Delta I_1-1}) = 1 - \gamma_{\text{edad}}(q)$$

Donde ΔI_1 corresponde a la duración de las infecciones moderadas en días y $\gamma_{\text{edad}}(q)$ es la probabilidad de recuperación de una infección moderada, ambas variables aleatorias medibles empíricamente.

2.2.4. $I_2 \rightarrow R, I_3$

Análogo a 2.2.3.

2.2.5. $I_3 \rightarrow R, D$

Análogo a 2.2.3.

3. Generación de entornos

Para la generación de entornos se utilizan bases de datos públicas publicadas por diferentes organismos del gobierno. Específicamente:

hogar Se utiliza el censo del 2010 que contiene estadísticas sobre la composición de los hogares (cantidad de personas, y por cada miembro: edad, sexo, escolaridad y estado laboral)

escuela Se posee la distribución de la cantidad de alumnos en las escuelas en cada parte del país.

vecindario Se toma un radio de 1km a la redonda.

4. Discusión

- Es posible agregar un compartimiento para personas infectadas que no presentan síntomas. Hay estadísticas de cuántos son?
- La implementación aún no está completa pero ya muestra propagación exponencial sobre la población. Se puede ver como las áreas más densas son las más afectadas.

5. Anexo: Etapas clínicas

.

Infección leve Estas personas tienen síntomas como fiebre y tos y pueden tener neumonía leve. No se requiere hospitalización (aunque en muchos países también se hospitaliza a estas personas)

- Infección severa Estos individuos tienen neumonía más grave que conduce a disnea, frecuencia respiratoria ≥ 30 /min, saturación de oxígeno en sangre $\leq 93\%$, presión parcial de oxígeno arterial a fracción de proporción de oxígeno inspirado ≥ 300 y/o infiltrados pulmonares $\geq 50\%$ dentro de 24 a 48 horas. Generalmente se requiere hospitalización y oxígeno suplementario.
- Infección crítica Estas personas experimentan insuficiencia respiratoria, shock séptico y/o disfunción o falla de múltiples órganos. Se requiere tratamiento en una UCI, a menudo con ventilación mecánica.

Referencias

- [1] N Ferguson, D Laydon, G Nedjati Gilani, N Imai, K Ainslie, M Baguelin, S Bhatia, A Boonyasiri, ZULMA Cucunuba Perez, G Cuomo-Dannenburg, and et al. *Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand.* mar 2020.
- [2] Stephen A. Lauer, Kyra H. Grantz, Qifang Bi, Forrest K. Jones, Qulu Zheng, Hannah R. Meredith, Andrew S. Azman, Nicholas G. Reich, and Justin Lessler. The incubation period of coronavirus disease 2019 (covid-19) from publicly reported confirmed cases: Estimation and application. *Annals of Internal Medicine*, mar 2020.