

Dinámica de Sistemas

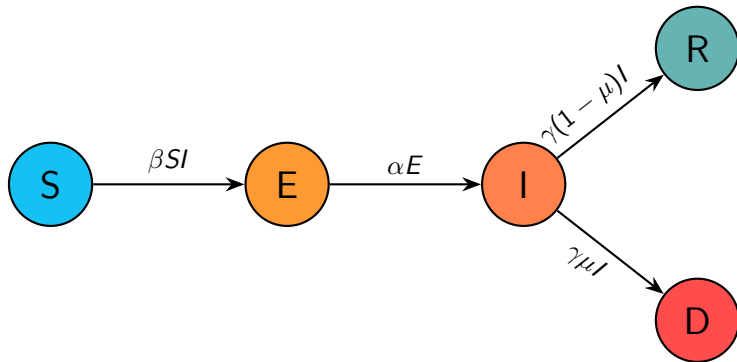
Diseño de un modelo epidemiológico

Víctor García

24 de abril de 2025

Introducción: Motivación y Enfoque

- Se desarrolla un modelo SEIRD (Susceptible-Expuesto-Infectado-Recuperado-Decedido) para simular la dinámica de una enfermedad.



Estructura del Modelo SEIRD

La población total (N) se divide en cinco compartimentos:

- **S (Susceptible):** Individuos sanos que pueden contraer la enfermedad.
- **E (Exposed):** Individuos infectados pero aún no infecciosos (en período de incubación).
- **I (Infected):** Individuos capaces de transmitir la enfermedad.
- **R (Recovered):** Individuos que han superado la enfermedad y adquirido inmunidad (asumida).
- **D (Dead):** Individuos que han fallecido a causa de la enfermedad.

La población total se asume constante:

$$N = S(t) + E(t) + I(t) + R(t) + D(t).$$

La dinámica entre compartimentos se describe mediante:

$$S'(t) = -\frac{\beta S(t)I(t)}{N} \quad (1)$$

$$E'(t) = \frac{\beta S(t)I(t)}{N} - \alpha E(t) \quad (2)$$

$$I'(t) = \alpha E(t) - \gamma I(t) \quad (3)$$

$$R'(t) = \gamma(1 - \mu)I(t) \quad (4)$$

$$D'(t) = \gamma\mu I(t) \quad (5)$$

Donde $X'(t)$ representa la tasa de variación (primera derivada) del compartimento X en el tiempo t .

Parámetros del Modelo (I)

Los parámetros principales que gobiernan las transiciones son:

β (**Tasa de Transmisión**): Frecuencia de transmisión efectiva. Puede depender de 'contactsday' \times 'infectivity'.

α (**Tasa de Latencia**): Tasa a la que los expuestos se vuelven infecciosos. Inversa del período medio de incubación ($1/\alpha$).

γ (**Tasa de Remoción**): Tasa a la que los infecciosos se recuperan o fallecen. Inversa del período medio infeccioso ($1/\gamma$).

μ (**Tasa de Mortalidad**): Fracción de individuos infecciosos removidos que fallecen.

N (**Población Total**): Tamaño total de la población bajo estudio.

Supuestos: α , γ , N se consideran constantes. Se asume población inicialmente susceptible ($S_0 \approx N$).

Parámetros del Modelo (II) y Enfoque de Calibración

Parámetro de Contención:

- ρ (**Factor de Contención**): Cuantifica el efecto de las medidas de mitigación (confinamiento, etc.) sobre la transmisión. Modifica la tasa de transmisión efectiva.

Variables Foco para Calibración:

1. Retraso temporal en la publicación de datos.
2. Grado de subregistro de nuevos infectados.
3. Temporización de las políticas de contención.
4. **Factor de contención** (ρ).
5. (Implícitamente, la **tasa de transmisión** β también es clave).

Número Reproductivo: Promedio de personas que contagia un infectado

- R_0 (Básico): $\approx \beta/\gamma$ (en ausencia de medidas y sin inmunidad).
- R_{eff} (Efectivo): $R_{eff} = \rho R_0 = \frac{\rho\beta}{\gamma}$.

Parámetros Preliminares para Validación

Valores usados para comparar codificaciones (Tabla 1):

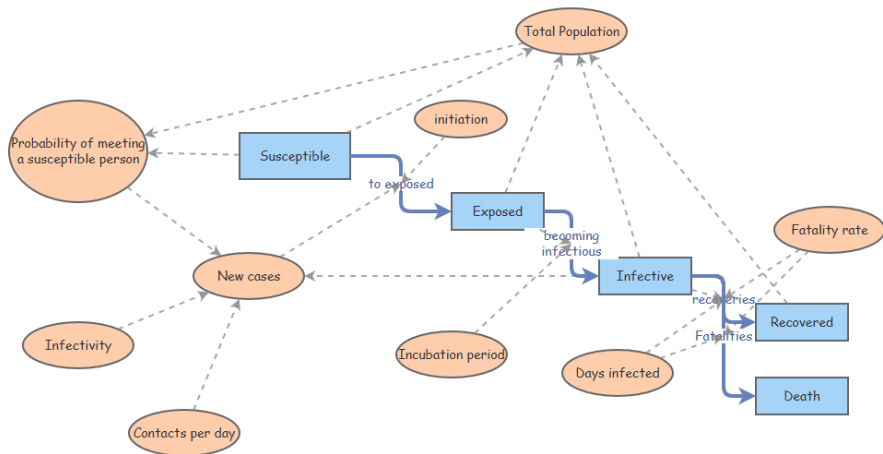
Parámetro	Valor
contactsday	7.42
infectivity	0.42
infectiousPeriod	14.39 días
incubationPeriod	6.38 días
fatalityRate (μ)	0.85 %

Valores Derivados:

- $\beta = \text{contactsday} \times \text{infectivity} = 7,42 \times 0,42 = 3,1164$
- $\alpha = 1/\text{incubationPeriod} = 1/6,38 \approx 0,1567 \text{ día}^{-1}$
- $\gamma = 1/\text{infectiousPeriod} = 1/14,39 \approx 0,0695 \text{ día}^{-1}$
- $\mu = 0,85/100 = 0,0085$

Estos valores permiten validar y comparar diferentes implementaciones del modelo.

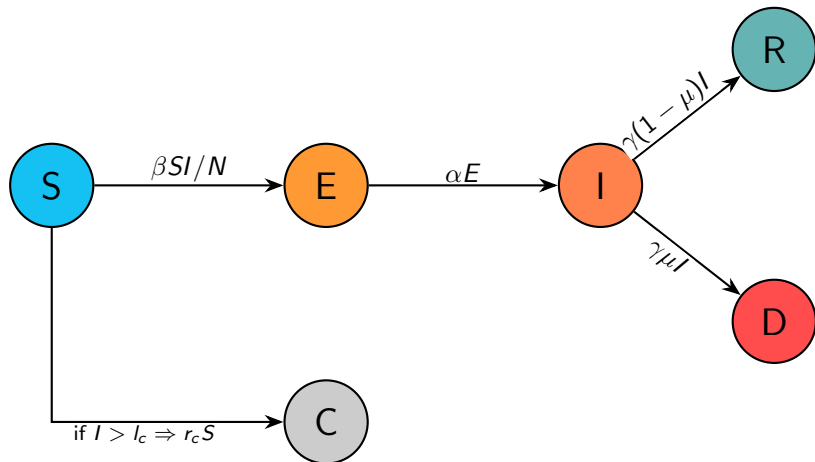
Insight Maker SEIRD model



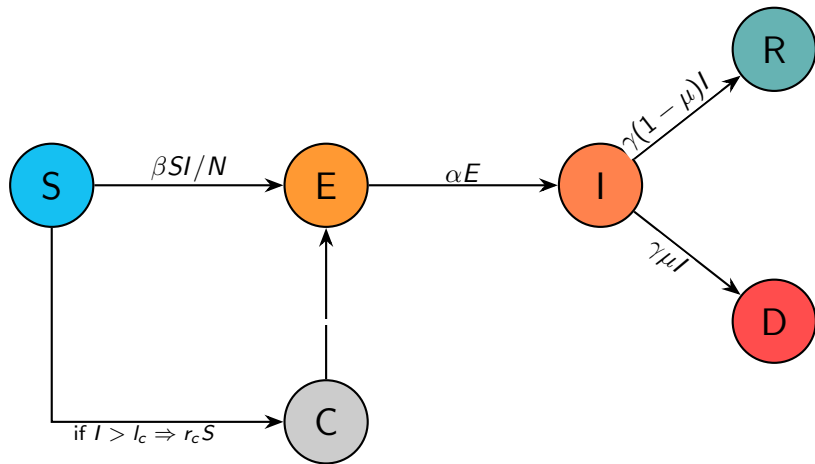
SEIRD con confinamiento - SEIRDQ (I)

I_c : Umbral de Infectados (I) para activar el confinamiento.

r_c : Tasa de confinamiento (proporción de Susceptibles (S) que entran en C por unidad de tiempo, cuando $I > I_c$).

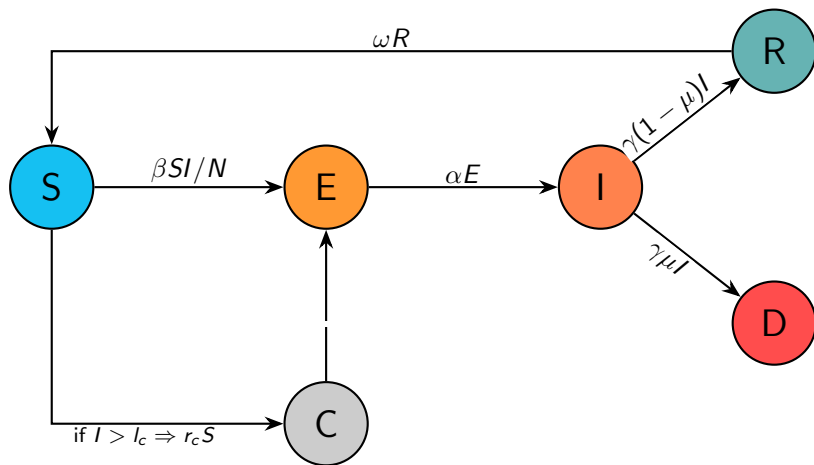


SEIRDQ (II)

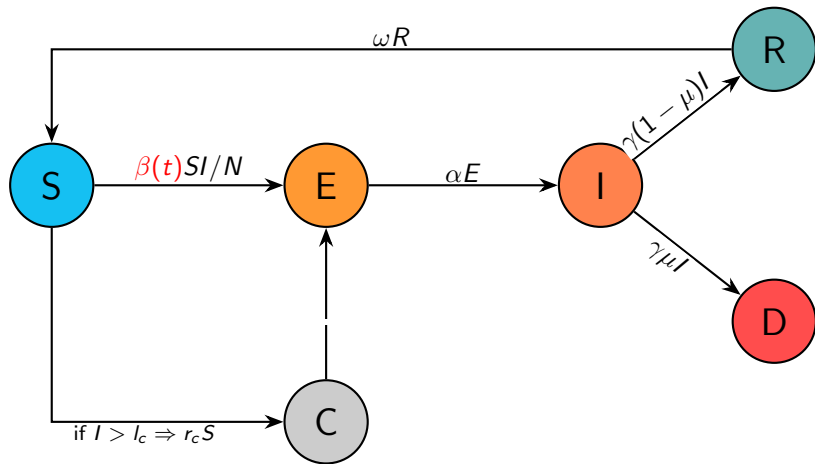


SEIRS-DQ (con confinamiento y reinfección)

ω : Factor de retorno, inverso del periodo de inmunidad.



SEIRS-DQ (con variantes, tasa de transmisión variable)



Comparativa de variantes del COVID-19

Variante	Origen	Aparición	RTF	IFR (%)
Wuhan (original)	China	Dic 2019	1×	≈0,68
Alpha (B.1.1.7)	Reino Unido	Sep 2020	≈1,5×	≈0,68
Delta (B.1.617.2)	India	Oct 2020	≈2×	≈0,65
Omicron (B.1.1.529)	Sudáfrica/Botsuana	Nov 2021	≈4×	≈0,15

Cuadro: Principales variantes del SARS-CoV-2: factor de transmisibilidad relativo (RTF) y mortalidad (IFR) estimadas

¿Qué es Insight Maker?

- Plataforma web para modelado y simulación de sistemas.
- Basada en dinámica de sistemas y redes causales.
- Permite compartir y colaborar en línea.
- <https://insightmaker.com> para documentación y tutoriales.

Componentes Básicos

- **Stocks:** Acumulaciones o depósitos que representan el estado de recursos (p. ej., población, inventario).
- **Flows:** Tasas de cambio que alimentan o vacían los stocks (p. ej., nacimientos, ventas).
- **Variables:** Parámetros o datos de entrada constantes que controlan dinámicas del modelo.
- **Links:** Enlaces causales que indican dependencias y dirección de influencia entre elementos.
- **Converters:** Cálculos o transformaciones intermedias que definen relaciones algebraicas sin acumular estado.