

Taller de Modelación Matemática de la Epidemia de COVID-19

Nicole Rivera Parra & Boris Anghelo Rodríguez Rey
Instituto de Física, Universidad de Antioquia



<https://github.com/Camilo-HG/COVID-19/>
Universidad de Antioquia

Five Questions to Ask about Model Results.

1. What is the purpose and time frame of this model? For example, is it a purely statistical model intended to provide short-term forecasts or a mechanistic model investigating future scenarios? These two types of models have different limitations.
2. What are the basic model assumptions? What is being assumed about immunity and asymptomatic transmission, for example? How are contact parameters included?
3. How is uncertainty being displayed? For statistical models, how are confidence intervals calculated and displayed? Uncertainty should increase as we move into the future. For mechanistic models, what parameters are being varied? Reliable modeling descriptions will usually include a table of parameter ranges — check to see whether those ranges make sense.
4. If the model is fitted to data, which data are used? Models fitted to confirmed Covid-19 cases are unlikely to be reliable. Models fitted to hospitalization or death data may be more reliable, but their reliability will depend on the setting.
5. Is the model general, or does it reflect a particular context? If the latter, is the spatial scale — national, regional, or local — appropriate for the modeling questions being asked and are the assumptions relevant for the setting? Population density will play an important role in determining model appropriateness, for example, and contact-rate parameters are likely to be context-specific.

Wrong but Useful — What Covid-19 Epidemiologic Models Can and Cannot Tell Us. The New England Journal of Medicine

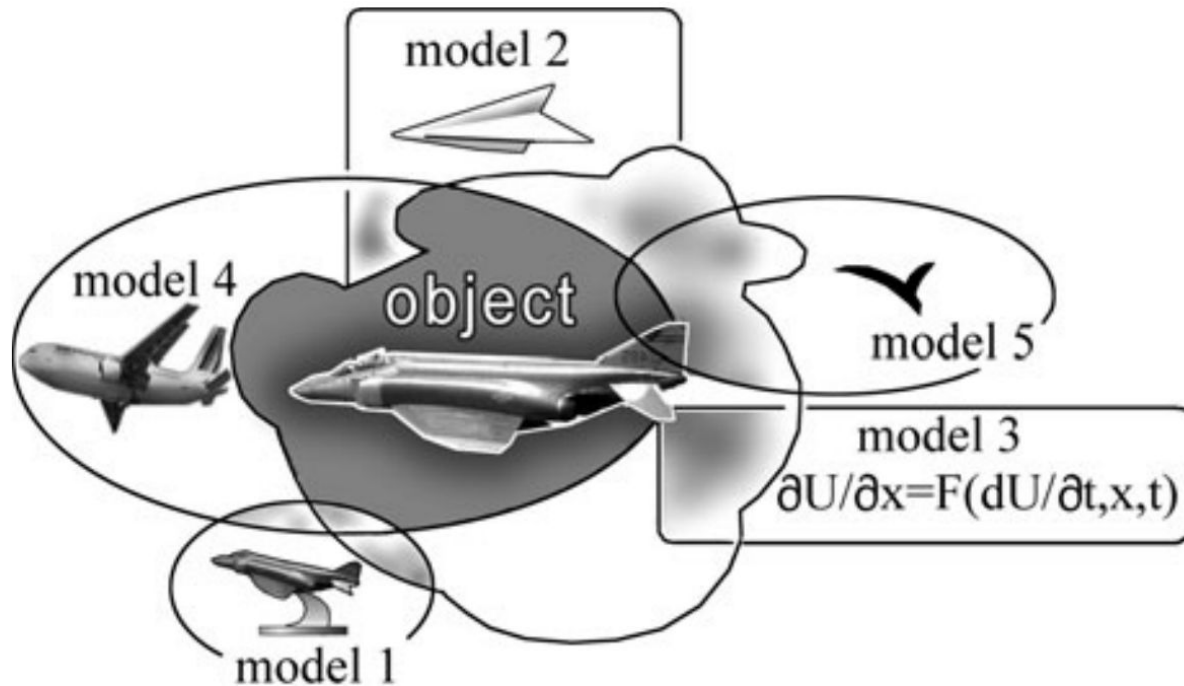
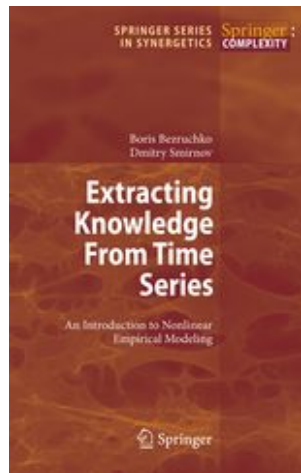
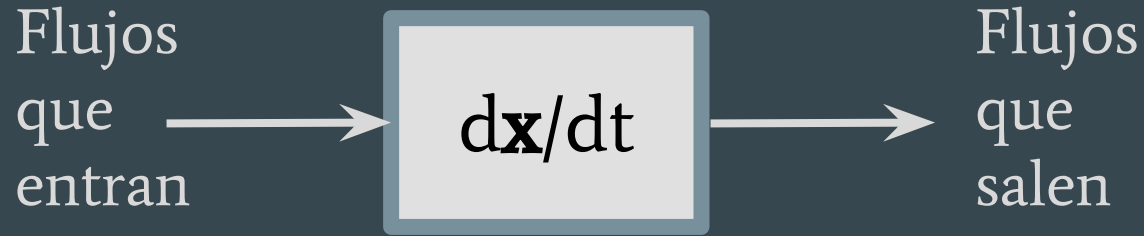


Fig. 1.1 An illustration of the definition of “model”. Domains of intersection between the sets of properties are dashed. The set of the object properties is bounded by the thick curve, while the model sets are bounded by thinner ones

Modelos epidemiológicos como Sistemas Dinámicos



$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = F(\mathbf{x}, \alpha) \longrightarrow \text{Conjunto de ecuaciones diferenciales}$$

Modelo epidemiológico **SEIRV**

Código abierto: Python y Mathematica

Susceptibles

Expuestos

Infectados

Recuperados

Virus
(Ambiente)

Modelo SEIRV

$$\frac{dS}{dt} = \Lambda - \beta_E(E)SE - \beta_V(V)SV - \mu S$$

$$\frac{dE}{dt} = \beta_E(E)SE + \beta_I(I)SI - +\beta_V(V)SV - (\alpha + \mu)E$$

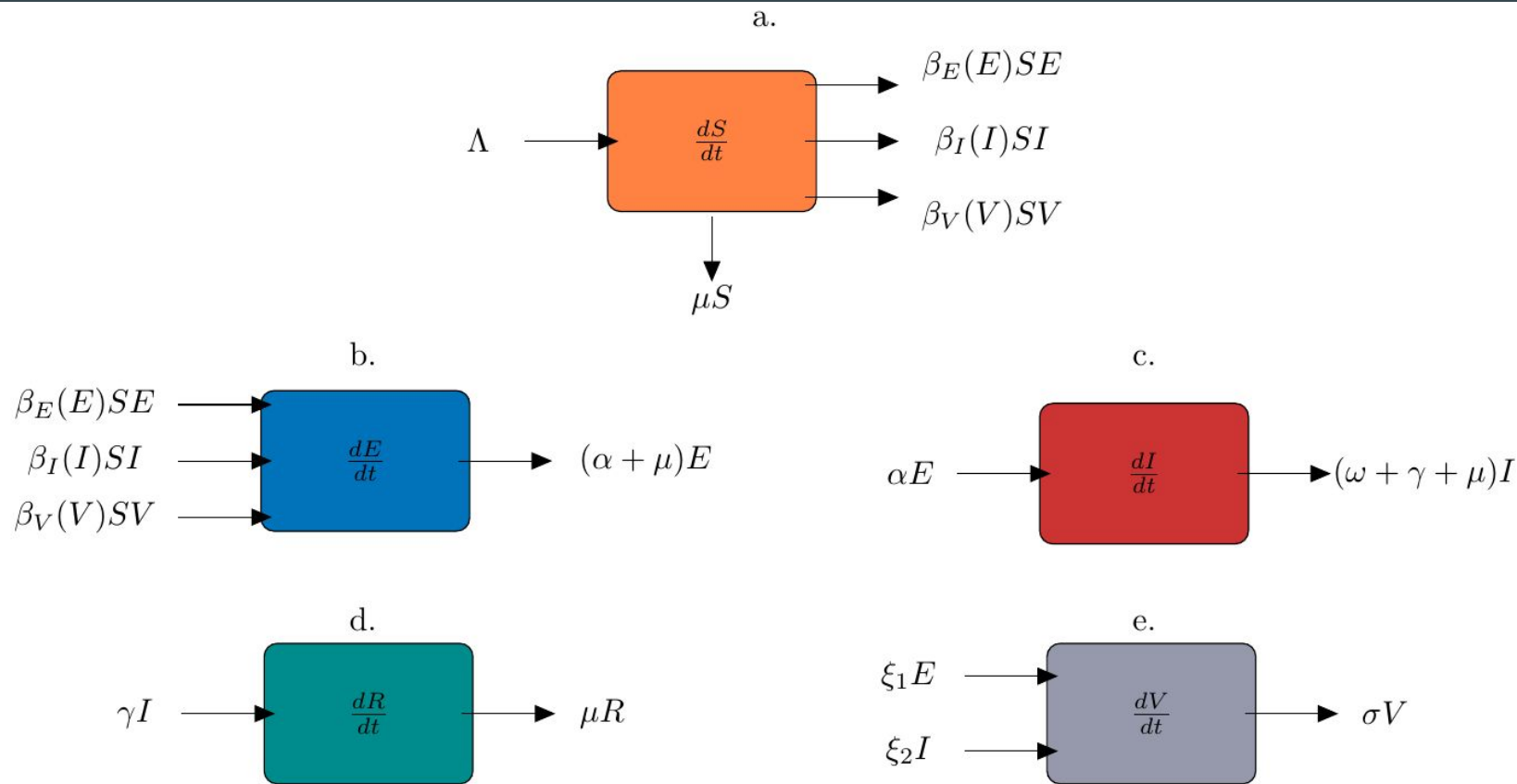
$$\frac{dI}{dt} = \alpha E - (\omega + \gamma + \mu)I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R$$

$$\frac{dV}{dt} = \xi_1 E + \xi_2 I - \sigma V$$

$$\beta_x(x) = \frac{\beta_{0x}}{(1 - c_x x)},$$

Modelo SEIRV



Parámetros del Modelo

Parámetros Demográficos

- Población
- Natalidad
- Mortalidad

Parámetros *Optimizados* de la epidemia

- Tasas de dispersión del virus al ambiente por E, I: 2 param
- Funciones (tasas) de contacto: 6 parámetros

Parámetros constantes de la epidemia (*se pueden cambiar en función de diferentes escenarios*)

- Frecuencia de Incubación
- Mortalidad (tasa)
- Tasa de recuperación
- Tasa de remoción del virus en el ambiente

Algoritmo evolutivo para la optimización de parámetros

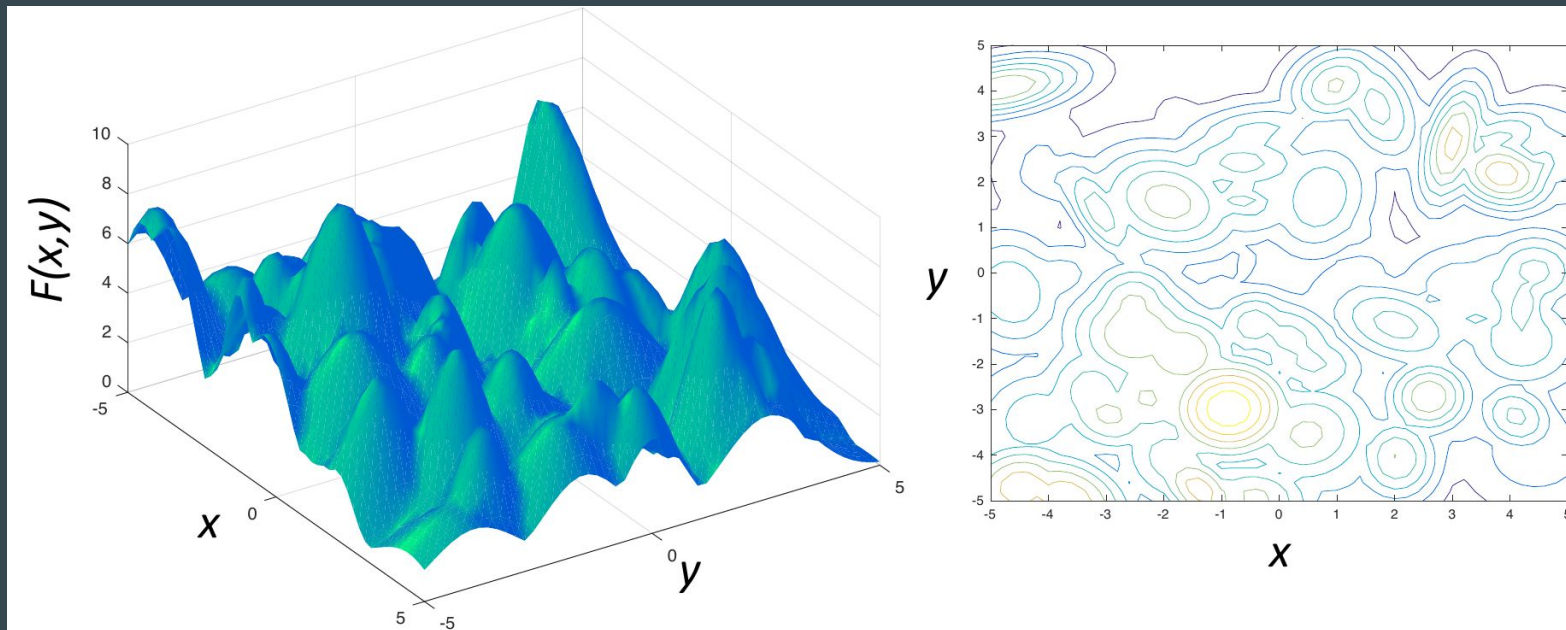
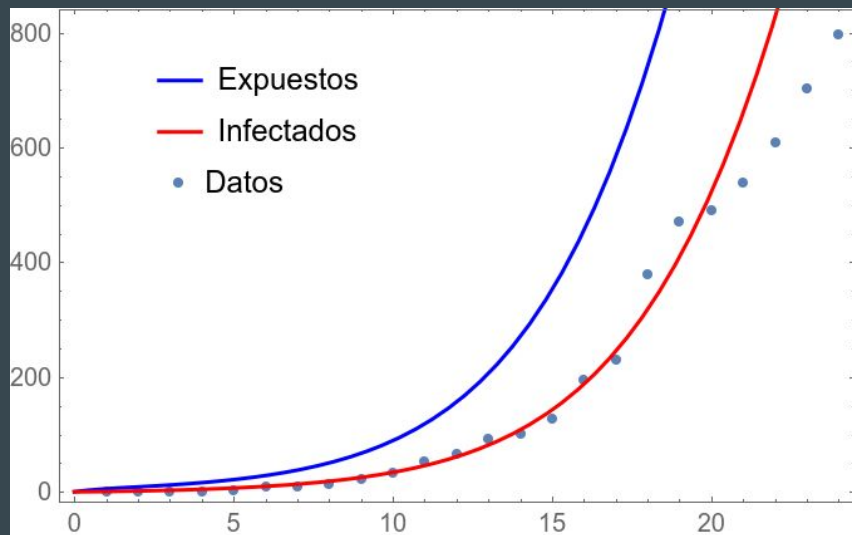


Tabla 1: Parámetros del modelo SEIRV

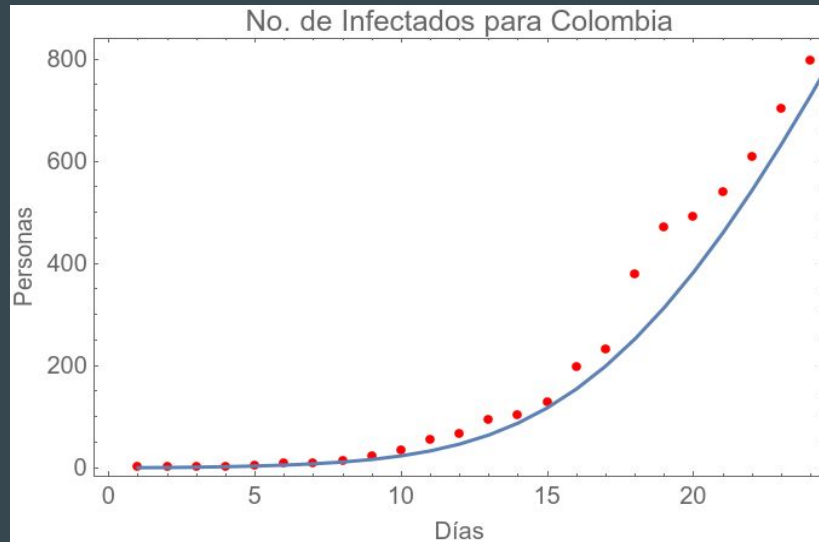
Parámetro	Definición	Valor Medio	Fuente
Λ	Tasa de natalidad diaria	2083.62 personas/día	[7]
μ	Tasa de mortalidad natural	1.51×10^{-5} por día	[8]
$1/\alpha$	Periodo de incubación	7 días	[9]
ω	Tasa de letalidad del virus	0.01 por día	[10]
γ	Tasa de recuperación	0.067 por día	[9]
σ	Tasa de remoción del virus del ambiente	1 por día	[11]
β_{0E}	Constante de transmisión Susceptibles-Expuestos	1.555×10^{-9} /(personas x día)	[12]
β_{0I}	Constante de transmisión Susceptibles-Infectados	3.1×10^{-10} /(personas x día)	[12]
β_{0V}	Constante de transmisión Susceptibles-Virus en el ambiente	1.199×10^{-9} /(personas x día)	[12]
c_E	Coefficiente de ajuste transmisión Susceptibles-Expuestos	3.003×10^{-4} por personas	[12]
c_I	Coefficiente de ajuste transmisión Susceptibles-Infectados	3.003×10^{-4} por personas	[12]
c_V	Coefficiente de ajuste transmisión Susceptibles-Virus en el ambiente	2.896×10^{-4} por personas	[12]
ξ_1	Tasa de transmisión del virus de los Expuestos al ambiente	6.85 partículas virales/ (personas x día x mL)	[12]
ξ_2	Tasa de transmisión del virus de los Infectados al ambiente	10.0 partículas virales/ (personas x día x mL)	[12]

Resultados para Colombia V3 (47 días, 22 de Abril)

Parametrización a
17 días

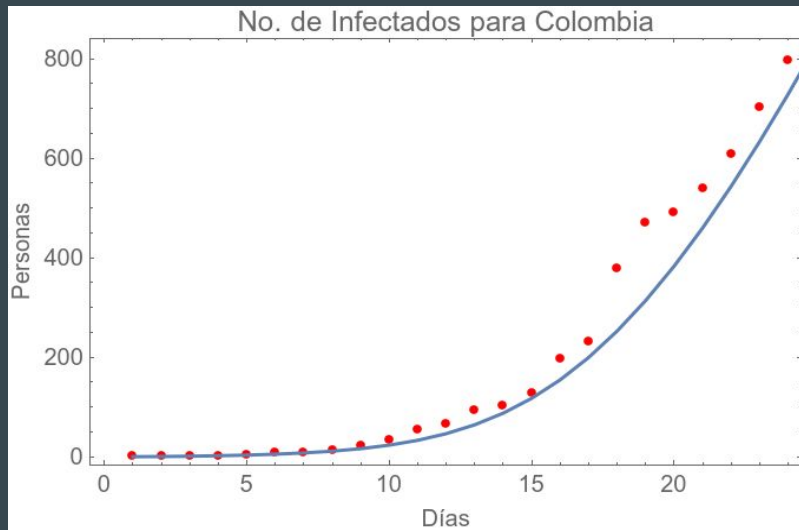


Parametrización a
25 días

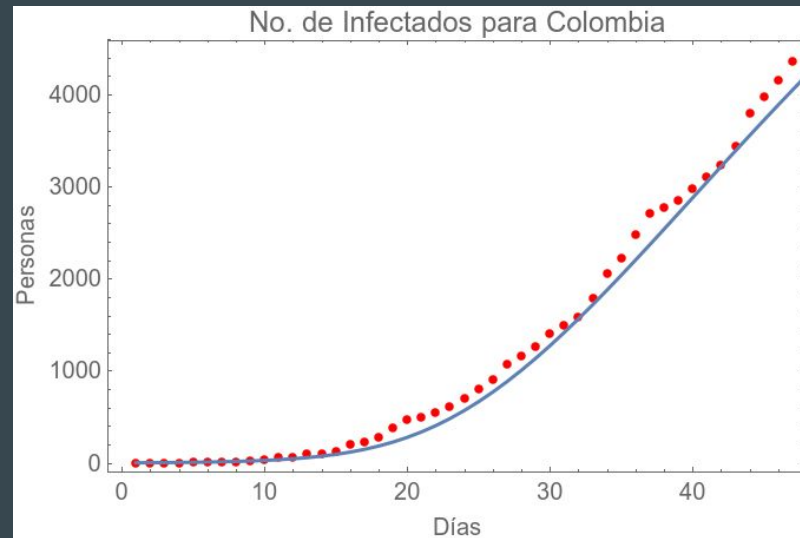


Resultados para Colombia V3 (47 días, 22 de Abril)

Parametrización a
25 días

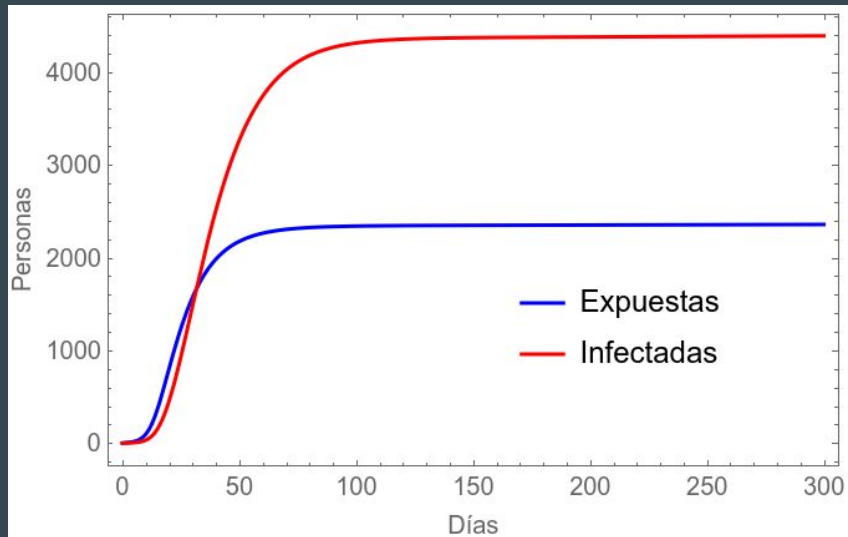


Parametrización a
47 días

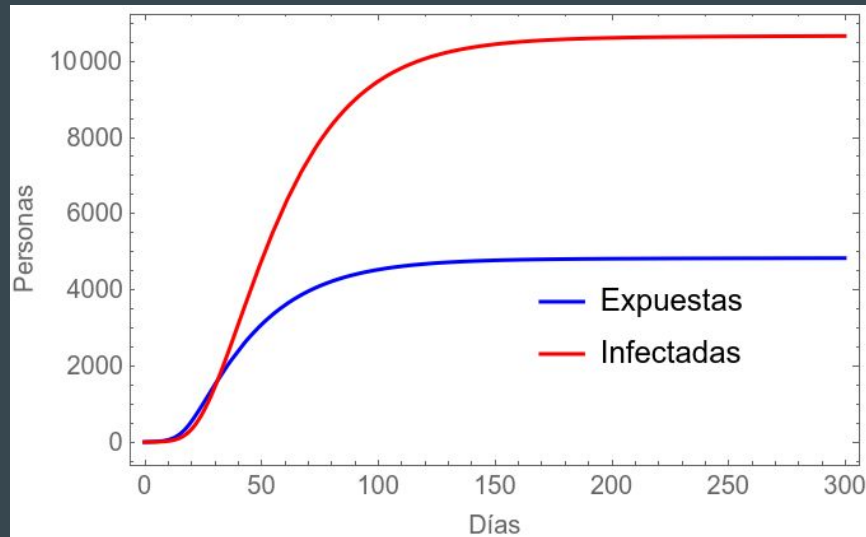


Los datos hablan... Dinámica de la Epidemia

Parametrización al 30 de Marzo

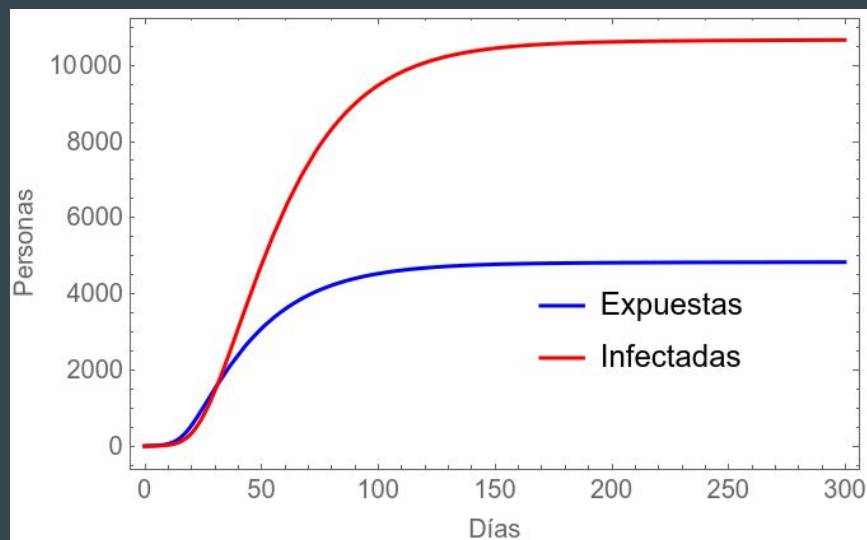


Parametrización al 22 de Abril

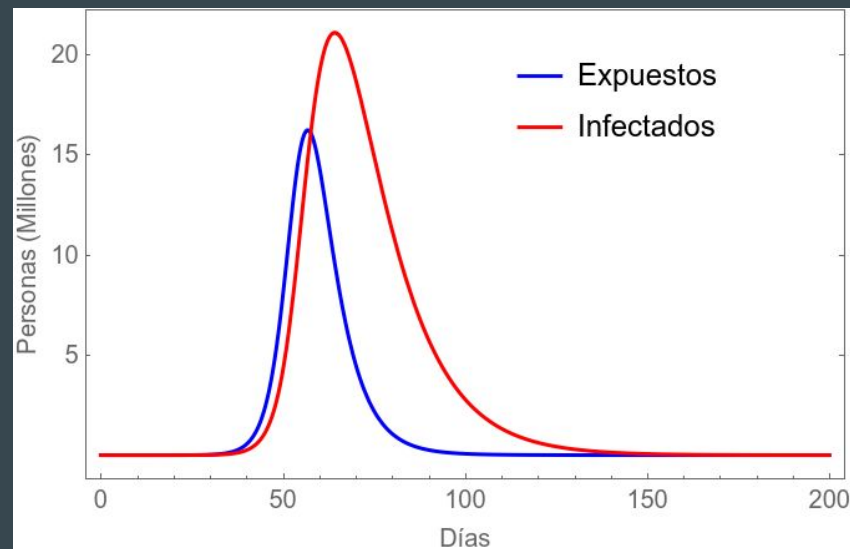


Dos escenarios

Medidas de aislamiento y control social
extremas



Sin medidas de aislamiento social



¿Preguntas y trabajo futuro?

- Sub registro. CMMID (Londres), estima que Colombia tiene un subregistro del 13% (IC 95% (9% - 31%)).
- Casos por fecha de inicio de Síntomas (INS las está reportando).
- Estructura etaria de la población
- Ampliar el algoritmo evolutivo al IC 95% de los parámetros epidemiológicos (periodo de incubación, letalidad)
- Escenarios
- Modelo “microscópico” o basado en los individuos (ABM)

¡Gracias!

Modelos epidemiológicos como Sistemas Dinámicos: SIR

Sanos

Infectados

Recuperados

Modelos epidemiológicos como Sistemas Dinámicos: SEIR

Sanos

Infectados

Recuperados

Expuestos

Trabajo interdisciplinario

Grupo Física Atómica y Molecular

Grupo Fundamentos y Enseñanza de la Física y los Sistemas Dinámicos

Epidemiología FNSP

BIONAT:
grupo de
investigación
en
biodiversidad
y recursos
naturales

BIOMAC:
Biogeography
&
Macroecology

Grupo de
Investigación
en
Citogenética
Molecular

Grupo de Física
Teórica y
Computacional

VLIZ Flanders
Marine
Institute

Equipo de Trabajo

Paula Andrea
Díaz Valencia



Lina Marcela
Ruiz Galvis



Camilo
Hincapié G.



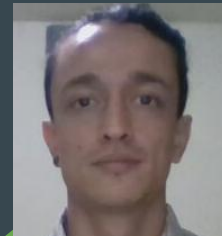
Daniel A.
Montoya



Camilo Reyes
Dieck



Sebastián
Espejo



Boris Anghelo
Rodríguez Rey



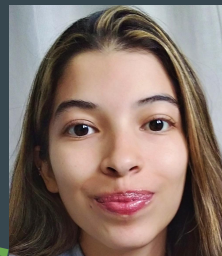
Shirley
Cárcamo



Gloria Machado
Rodríguez



Nicole Rivera
Parra



Universidad
de Antioquia

Equipo de Trabajo

Ghennie Tatiana
Rodríguez



Valentina
Ramírez



Universidad
de
Caldas

Universidad
de
Salamanca

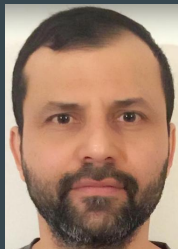
Universidad
de
Antioquia

VLIZ Flanders
Marine
Institute

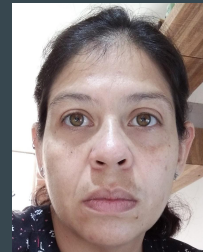
Universidad
del
Quindío

Universiteit van
Amsterdam

Jayson
Gutiérrez



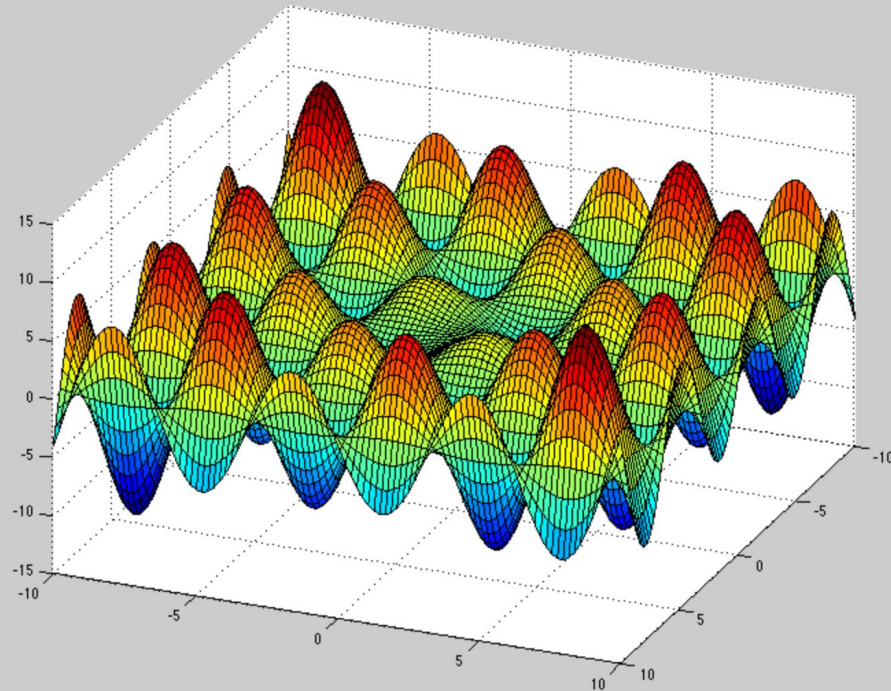
Isabel Cristina
Hoyos Rincón



Amalia Llano
Bojanini

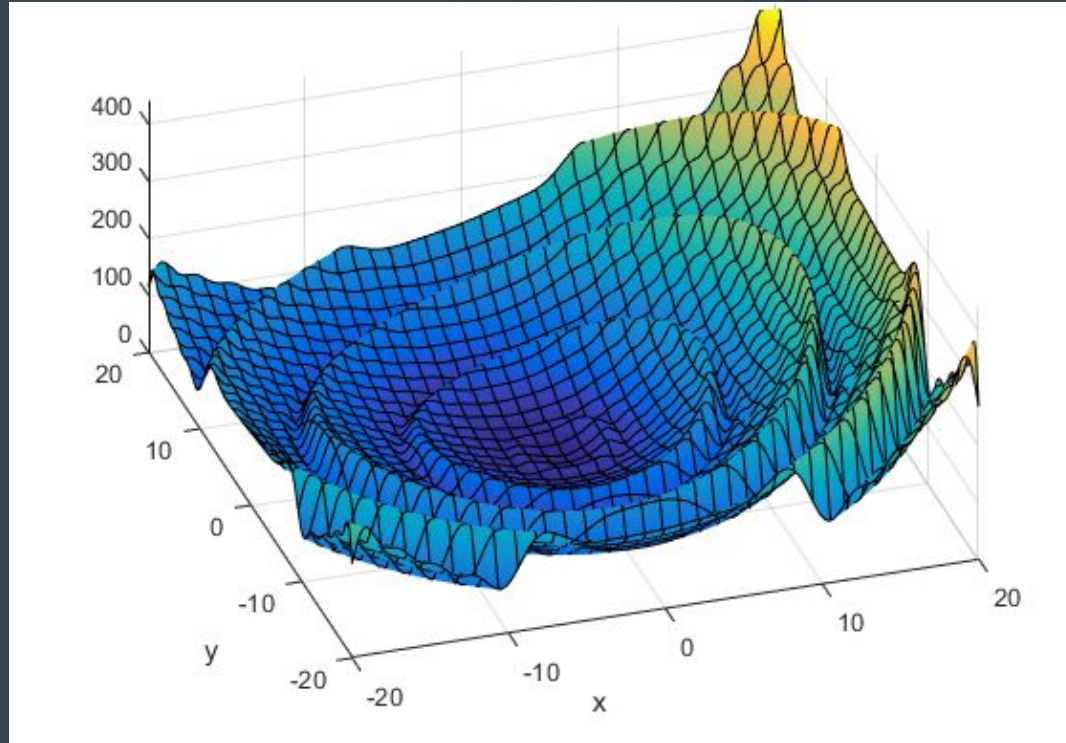


Algoritmo evolutivo para la optimización de parámetros



Tomado de
<https://scicomp.stackexchange.com/q/23955>

Algoritmo evolutivo para la optimización de parámetros



Tomado de

<https://la.mathworks.com/help/gads/example-finding-global-or-multiple-local-minima.html>