RETO TRES

SANDRA ISABEL CHÁVEZ ALCALDE
SANTIAGO ROMERO PINEDA
DAVID RICARDO BERNAL ALFONSO

ANÁLISIS NUMÉRICO

PROFESORA
EDDY HERRERA DAZA

Pontificia Universidad
JAVERIANA
Colombia

EJEMPLOS MODELO SEIR-V

S(Población Susceptible) **E** (Población Expuesta) **I** (Población Infectada) **R** (Población Recuperada)

V (Población Vacunada)

- **Modelación de enfermedades infantiles (Varicela)**
- **Propagación de enfermedades infecciosas(Ébola)**
- **Difusión de epidemia de peste porcina entre granjas**
- **Modelación de progreso de pandemias (Covid-19)**

METODOLOGÍA DE LA SOLUCIÓN

MÉTODO ADAMS BASHFORTH

$$y_{i+1} = y_i + h \sum_{k=0}^{n-1} \beta_k f_{i-k} + \mathcal{O}(h^{n+1})$$

MÉTODO EULER

$$y_{n+1} = y_n + hf(t_n, y_n).$$

$$y_1 = y_0 + hf(t_0, y_0) = 1 + \tfrac{1}{2} \cdot 1 = 1.5,$$
$$y_2 = y_1 + hf(t_1, y_1) = 1.5 + \tfrac{1}{2} \cdot 1.5 = 2.25,$$
$$y_3 = y_2 + hf(t_2, y_2) = 2.25 + \tfrac{1}{2} \cdot 2.25 = 3.375,$$
$$y_4 = y_3 + hf(t_3, y_3) = 3.375 + \tfrac{1}{2} \cdot 3.375 = 5.0625.$$

MÉTODO RUNGE KUTTA 4 ORDEN

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6} h \left(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4\right)$$

Donde

$$\begin{cases} k_1 &= f\left(x_i, y_i\right) \\ k_2 &= f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_1 h\right) \\ k_3 &= f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_2 h\right) \\ k_4 &= f\left(x_i + h, y_i + k_3 h\right) \end{cases}$$

$$\text{pendiente} = \frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6}.$$

SISTEMA DE ECUACIONES

ρ <- Densidad media de nodos en la unidad de área

r <-Rango de comunicación del nodo sensor

R_0 <-Número de reproducción base

μ <-Tasa de nacimiento y muerte del nodo

α <-La tasa de nodos expuestos convertidos en susceptibles

β <-Tasa de infección

γ <-Tasa de recuperación del nodo infeccioso

δ <-Probabilidad de que el nodo recuperado se vuelva susceptible

σ <-Tasa de vacunación

ϵ <-Probabilidad de que e nodo vacunado se vuelva susceptible

$$S'(t) = \rho(t) \cdot \pi r^2 = \frac{S(t) \cdot \pi r^2}{L^2}$$

$$\frac{dS}{dt} = \mu N - \phi SI - \mu S - \sigma S + \epsilon V + \delta R$$

$$\frac{dE}{dt} = \phi SI - (\mu + \alpha)E$$

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

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I - (\mu + \delta)R$$

$$\frac{dV}{dt} = \sigma S - (\mu + \epsilon)V$$

$$\phi = \frac{\beta \pi r^2}{L^2}$$

SISTEMA DE ECUACIONES

$$R_0 = \frac{\beta \pi r^2 N(\mu+\epsilon)\alpha}{L^2(\mu+\alpha)(\mu+\gamma)(\mu+\epsilon+\sigma)}.$$

- **Caso uno:**

  El radio de comunicacion r es menor al umbral del radio (r=0.8). Entonces RO < I.

- **Caso Dos:**

  El radio de comunicacion r es mayor al umbral del radio (r=0.8). Entonces RO > I.

$$R_0 = \frac{\beta \pi r^2 \rho(\mu+\epsilon)\alpha}{(\mu+\alpha)(\mu+\gamma)(\mu+\epsilon+\sigma)}$$

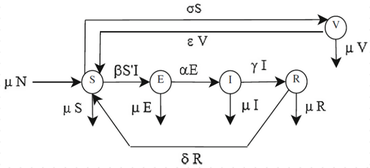
- **Caso uno:**

  La densidad del nodo p es menor al umbral de la densidad (p=300). Entonces RO < I.

- **Caso Dos:**

  La densidad del nodo p es menor al umbral de la densidad (p=300). Entonces RO > I.

COMPORTAMIENTO DEL GUSANO ENTRE LOS SENSORES



HAY DOS TIPOS DE R-CERO:

R-CERO BASADO EN EL RADIO DE COMUNICACIÓN R Y R-CERO BASADO EN LA DENSIDAD DE NODOS P

REQUISITOS DEL SISTEMA

HARDWARE

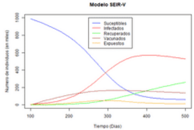
- Procesador Intel Core i5
- T.Video: NVIDIA GT 820
- 8GB RAM
- SSD 500GB

SOFTWARE

- IDE RStudio
- Librería Shiny 1.5.0
- Maple 2017
- Windows 10 x64

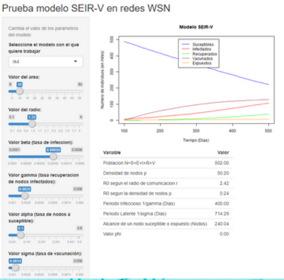
VISUALIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Prueba modelo SEIR-V en redes WSN

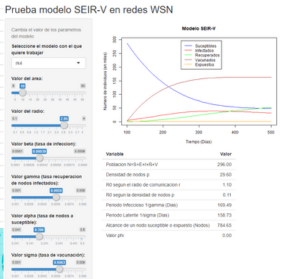


Variable	Valor
Poblacion N=S+E+I+R+V	1000.00
Densidad de nodos p	100.00
R0 segun el radio de comunicacion r	6.27
R0 segun la densidad de nodos p	0.63
Periodo Infeccioso 1/gamma (Dias)	400.00
Periodo Latente 1/sigma (Dias)	714.29
Alcance de un nodo susceptible o expuesto (Nodos)	1244.07
Valor phi	0.00

COMPORTAMIENTO DEL PROCESO

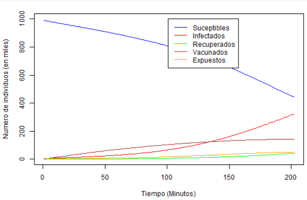


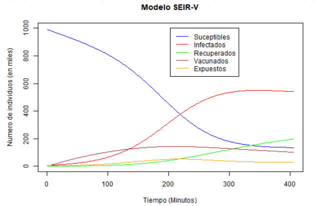
Variable	Valor
Poblacion N=S+E+I+R+V	502.00
Densidad de nodos p	50.20
R0 segun el radio de comunicacion r	2.42
R0 segun la densidad de nodos p	0.24
Periodo Infeccioso 1/gamma (Dias)	400.00
Periodo Latente 1/sigma (Dias)	714.29
Alcance de un nodo suceptible o expuesto (Nodos)	240.04
Valor phi	0.00



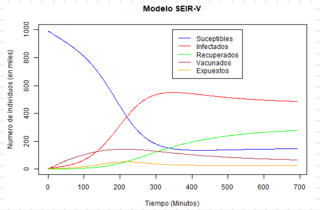
Variable	Valor
Poblacion N=S+E+I+R+V	296.00
Densidad de nodos p	29.60
R0 segun el radio de comunicacion r	1.10
R0 segun la densidad de nodos p	0.11
Periodo Infeccioso 1/gamma (Dias)	169.49
Periodo Latente 1/sigma (Dias)	158.73
Alcance de un nodo suceptible o expuesto (Nodos)	784.65
Valor phi	0.00

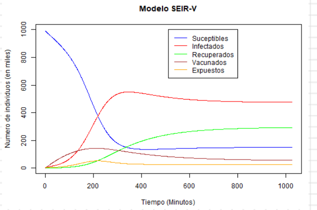
INFLUENCIA DEL PASO





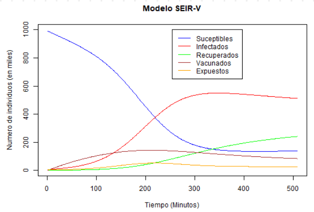
INFLUENCIA DEL PASO





INTERCEPTOS

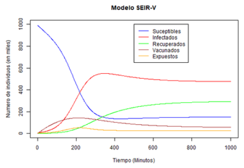
- Miu -> μ = 0,001
- Beta-> β = 0,0003
- Alpha-> α = 0,100
- Gamma-> δ = 0,0025
- Epsilon -> ϵ = 0,001
- Sigma -> σ = 0,0014
- Delta -> δ = 0,001
- Phi -> φ = 0,000037



	t	Δ
S vs I	195	2.560
S vs R	269	0.320
R vs I	297	0.440
I vs V	127	0.380
R vs E	194	0.300

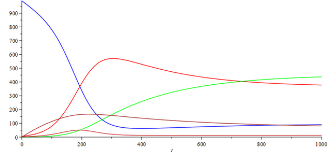
VALORES A TRAVÉS DE LA SOLUCIÓN NUMÉRICA

SOLUCIÓN IMPLEMENTACIÓN ADAMS BASHFORTH



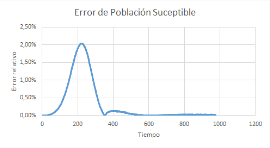
Variable	Valor
Poblacion N=S+E+I+R+V	1000.00
Densidad de nodos p	100.00
R0 segun el radio de comunicacion r	6.27
R0 segun la densidad de nodos p	0.63
Periodo Infeccioso 1/gamma (Minutos)	400.00
Periodo Latente 1/sigma (Minutos)	714.29
Alcance de un nodo suceptible o expuesto (Nodos)	1244.07
Valor phi	0.00

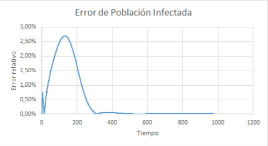
SOLUCIÓN MAPLE

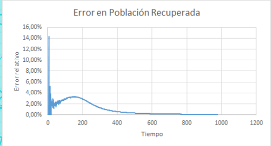


CÁLCULOS NUMÉRICOS
VS
SOLUCIÓN ANALÍTICA

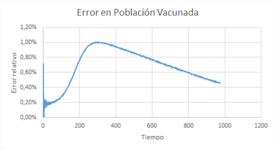
ERRORES

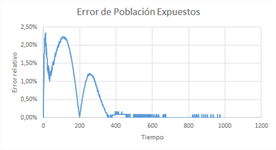

Error de Población Suceptible
Error relativo
2,50%
2,00%
1,50%
1,00%
0,50%
0,00%
0
200
400
600
800
1000
1200
Tiempo


Error de Población Infectada
Error relativo
3,00%
2,50%
2,00%
1,50%
1,00%
0,50%
0,00%
0
200
400
600
800
1000
1200
Tiempo


Error en Población Recuperada
Error relativo
16,00%
14,00%
12,00%
10,00%
8,00%
6,00%
4,00%
2,00%
0,00%
0
200
400
600
800
1000
1200
Tiempo

ERRORES


Error en Población Vacunada
Error relativo
1,20%
1,00%
0,80%
0,60%
0,40%
0,20%
0,00%
0
200
400
600
800
1000
1200
Tiempo


Error de Población Expuestos
Error relativo
2,50%
2,00%
1,50%
1,00%
0,50%
0,00%
0
200
400
600
800
1000
1200
Tiempo

¡GRACIAS!

REFERENCIAS

- A mathematical model for the novel coronavirus epidemic in Wuhan, ChinaChayu Yang, Jin WangMathematical Biosciences and Engineering, 17, 3, 3 2020
- Mathematical model on the transmission of worms in wireless sensor networkPDFBimal Kumar Mishra, Neha KeshriApplied Mathematical Modelling, 37, 6, 3 2013
- Modeling and Analysis of Worm Propagation in Wireless Sensor NetworksAkansha Singh, Amit K. Awasthi et al.Wireless Personal Communications, 98, 3, 2 2018
- Métodos numéricos para EDOS http://personales.upv.es/serblaza/Docencia/AeroTercero/pracMMII-5.pdfAccessed: 2020-11-25
- Programación: métodos de pasos múltiples explícitos de Adams–Bashforth para resolver EDO's con valores iniciales http://esfm.egormaximenko.com/numer/prog_multistep_Adams_Bashforth_methods_es.pdfAccessed: 2020-11-25
- Linear Multistep Methods http://people.bu.edu/andasari/courses/Fall2015/LectureNotes/Lecture10_6Oct2015.pdf