

Actividad 10: Animaciones con Matplotlib

Martin Alejandro Paredes Sosa

Marzo, 2016

1. Introducción

Un zombie[1] es un termino asociado a una persona infectada por un virus que básicamente se aloja en el cerebro y apaga los sistemas internos de la victima, transformándolos en muertos vivientes. Por otra parte, un zombie es un cuerpo reanimado que se alimenta de carne humana. Las historias sobre zombies, son tan antiguas como la raza humana.



Para esta actividad, se nos pidió recrear la gráficas de un modelo de apocalipsis zombie basándonos del articulo de Philip Munz[2] sobre un modelo matemático sobre un brote de infección zombie. Este articulo explica los conceptos básicos que se deben tomar en cuenta para modelar un apocalipsis zombie.

2. Modelo Zombie

Para entender los modelos, explicaremos la bases de estos basándonos en el artículo del modelo zombie [2]:

Clases:

- **S:** Población susceptible a infectarse o morir, es decir, los vivos.
- **Z:** Población Zombie
- **R:** Población de individuos removidos o eliminados.
- **I:** Población de infectados pero no zombies.
- **Q:** Población en cuarentena.

La dinámica en general es la siguiente:

- **S** puede aumentar si consideramos natalidad y disminuye por infectados o muerte por causa natural.
- **Z** aumenta por la cantidad de infectados y muertes y disminuye si la población es curada o se encuentra en cuarentena.
- **R** aumenta por la muertes en enfrentamientos zombies y humanos, muerte natural o por la cuarentena. Disminuye si resucitan como zombies.
- **I** aumentan con el tiempo y disminuyen si se transforman, mueren, los curan o son enviados a cuarentena.
- **Q** aumenta con los infectados y zombies que son enviados a cuarentena y disminuye si mueren.

Existen muchos parámetros que pueden influir en la dinámica de la población los definimos de la siguiente manera:

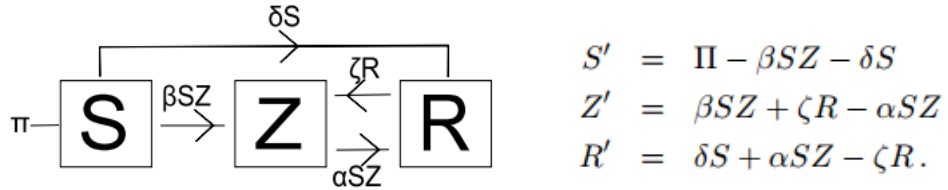
- Π : Tasa de natalidad.
- δ : Tasa de muertes naturales.
- β : Tasa de transmisión.
- ζ : Tasa de resucitación.
- α : Tasa de destrucción **Z**.
- ρ : Tasa de conversión de **I** a **Z**.
- κ : Tasa de ingreso de **I** a **Q**.
- σ : Tasa de ingreso de **Z** a **Q**.
- γ : Tasa de muertes en **Q**.
- c : Tasa de cura.

Una vez establecido las clases, sus dinámicas y los parametros que los afectan, se puede empezar a analizar los diversos modelos del artículo.

2.1. Modelo Básico (SZR)

En este modelo se consideran solamente a las clases **S**, **Z** y **R**. Donde los sanos se pueden convertir en zombies perdiendo en un encuentro con un zombie. Se puede evitar la transformación eliminando zombies. Los removidos consiste de individuos muertos, los cuales pueden resurgir como zombies.

Ecuaciones del Modelo Básico



Las siguientes gráficas son los resultados de esto modelo:

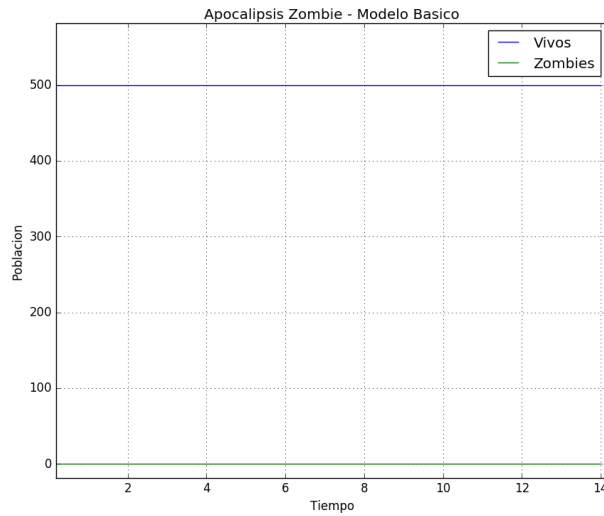


Figura 1: Caso sin zombies SZR

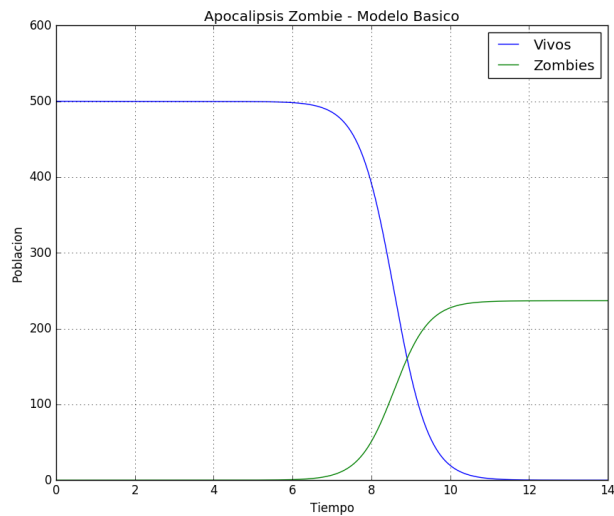
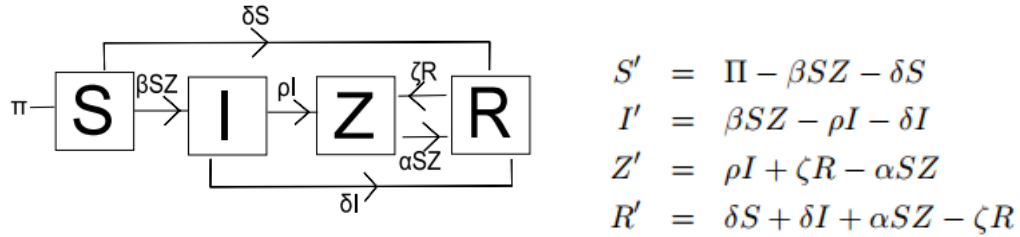


Figura 2: Modelo Básico SZR

2.2. Modelo con Infección Latente (SIZR)

Ahora tenemos un modelo que incluye el efecto de una clase de infectados. Si consideramos un tiempo de incubación y el efecto del virus en alguien infectado, se puede pensar en una tasa de conversión. Esta nueva clase modifica a la población **Z** de manera directa, lo cual retarda el tiempo en el que **S** se transforma a la clase **Z**.

Ecuaciones del Modelo con Infección Latente



Las siguientes gráficas son los resultados de esto modelo:

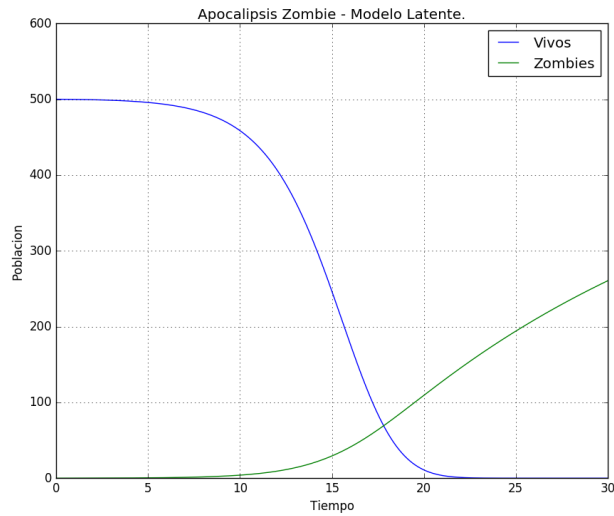
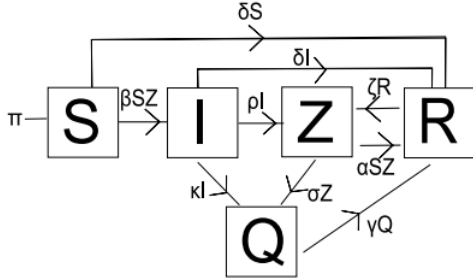


Figura 3: Modelo Básico SIZR

2.3. Modelo con Cuarentena (SIZRQ)

Para contener el brote, la población separa a los infectados y los pone en cuarentena, así como a una cierta de la población zombie. Pero, los individuos en cuarentena internan escapar y son eliminados antes de lograrlo, o bien mueren en cuarentena.

Ecuaciones del Modelo con Cuarentena



$$\begin{aligned}
 S' &= \Pi - \beta SZ - \delta S \\
 I' &= \beta SZ - \rho I - \delta I - \kappa I \\
 Z' &= \rho I + \zeta R - \alpha SZ - \sigma Z \\
 R' &= \delta S + \delta I + \alpha SZ - \zeta R + \gamma Q \\
 Q' &= \kappa I + \sigma Z - \gamma Q.
 \end{aligned}$$

Las siguientes gráficas son los resultados de esto modelo:

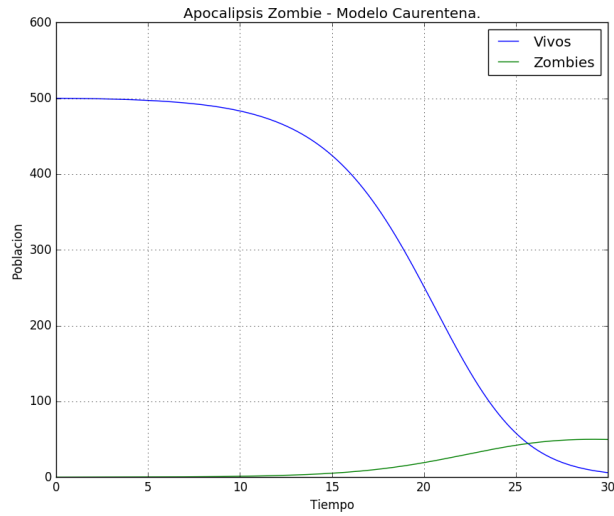
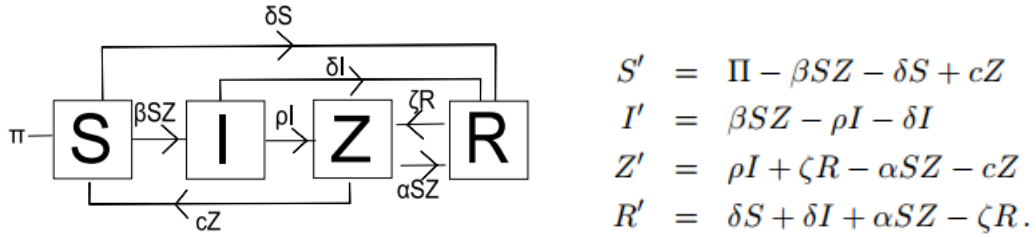


Figura 4: Modelo Básico SIZRQ

2.4. Modelo con Cura

Supongamos que podamos producir rápidamente una cura. Este tratamiento permitiría transformar a los zombies en humanos. Pero la cura no los vuelve inmunes. Con la cura ya no se tiene la necesidad de tener la cuarentena para los infectados.

Ecuaciones del Modelo con Cura



Las siguientes gráficas son los resultados de esto modelo:

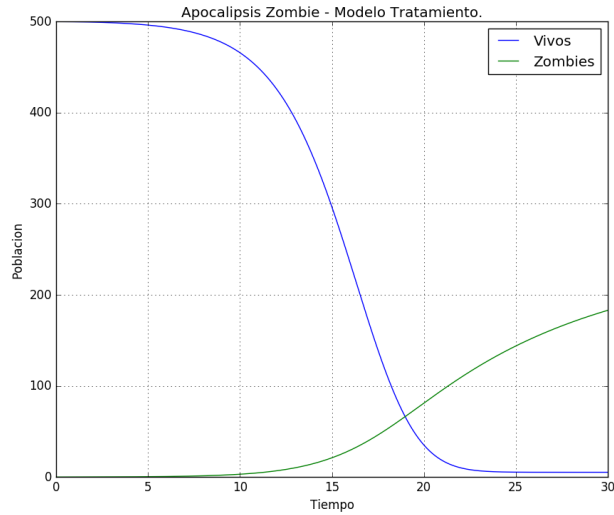


Figura 5: Modelo Básico SIZR con cura

3. Códigos

A continuación se mostraran los códigos que se utilizaron.

3.1. Modelo Básico

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 from scipy.integrate import odeint
4 plt.ion()
5 plt.rcParams['figure.figsize'] = 10, 8
6
7 Pi = 0          # Nacimientos Diarios
8 Del = 0.0001    # Muertes Naturales % (Por dia)
9 Bet = 0.0095    # Transmision % (Por dia)
10 Zet = 0.0001   # Removidos % (Por dia)
11 Alf = 0.005    # Destruídos % (Por dia)
12
13 #Sistema de Ecuaciones Diferenciales
14 def f(y, t):
15     Si = y[0]
16     Zi = y[1]
17     Ri = y[2]
18     # Modelo
19     f0 = Pi - Bet*Si*Zi - Del*Si          #Si
20     f1 = Bet*Si*Zi + Zet*Ri - Alf*Si*Zi  #Zi
21     f2 = Del*Si + Alf*Si*Zi - Zet*Ri     #Ri
22     return [f0, f1, f2]
23
24 S0 = 500.          # Poblacion Inicial
25 Z0 = 0             # Zombie Inicial
26 R0 = 0             # Muertos Inicial
27 y0 = [S0, Z0, R0]  # Condicion Inicial
28 t = np.linspace(0, 14., 1000) #Tiempo
29
30 # Solucion E.D
31 soln = odeint(f, y0, t)
32 S = soln[:, 0]
33 Z = soln[:, 1]
34 R = soln[:, 2]
35 # Grafica
36 plt.figure()
37 plt.ylim(0,600)
38 plt.grid(True)
39 plt.plot(t, S, label='Vivos')
40 plt.plot(t, Z, label='Zombies')
41 plt.xlabel('Tiempo')
42 plt.ylabel('Poblacion')
43 plt.title('Apocalipsis Zombie – Modelo Basico')
44 plt.legend(loc="best")
```

Listing 1: Código Modelo_Basico.py

3.2. Modelo con Infección Latente

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 from scipy.integrate import odeint
4 plt.ion()
5 plt.rcParams['figure.figsize'] = 10, 8
6
7 Pi = 0          # Nacimientos Diarios
8 Del = 0.0001    # Muertes Naturales % (Por dia)
9 Bet = 0.0095    # Transmision % (Por dia)
10 Zet = 0.0001   # Removidos % (Por dia)
11 Alf = 0.0001   # Destruídos % (Por dia)
12 Rho = 0.05     # Infected % (Por dia)
13
14 #Sistema de Ecuaciones Diferenciales
15 def f(y, t):
16     Si = y[0]
17     Zi = y[1]
18     Ri = y[2]
19     Ii = y[3]
20     # Modelo
21     f0 = Pi - Bet*Si*Zi - Del*Si          #Si
22     f1 = Rho*Ii + Zet*Ri - Alf*Si*Zi     #Zi
23     f2 = Del*Si + Del*Ii + Alf*Si*Zi - Zet*Ri #Ri
24     f3 = Bet*Si*Zi - Rho*Ii - Del*Ii     #Ii
25     return [f0, f1, f2, f3]
26
27 S0 = 500.          # Poblacion Inicial
28 Z0 = 0.            # Zombie Inicial
29 R0 = 0.            # Muertos Inicial
30 I0 = 1.            # Infectados Inicial
31 y0 = [S0, Z0, R0, I0] # Condiciones Iniciales
32 t = np.linspace(0., 30., 1000) # Tiempo
33
34 # Solucion E.D.
35 soln = odeint(f, y0, t)
36 S = soln[:, 0]
37 Z = soln[:, 1]
38 R = soln[:, 2]
39 I = soln[:, 3]
40 # Grafica
41 plt.figure()
42 plt.ylim(0,600)
43 plt.grid(True)
44 plt.plot(t, S, label='Vivos')
45 plt.plot(t, Z, label='Zombies')
46 plt.xlabel('Tiempo')
47 plt.ylabel('Poblacion')
48 plt.title('Apocalipsis Zombie – Modelo Latente.')
49 plt.legend(loc="best")
```

Listing 2: Código Latente.py

3.3. Modelo con Cuarentena

```
1 # zombie apocalypse modeling
2 import numpy as np
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 from scipy.integrate import odeint
5 plt.ion()
6 plt.rcParams['figure.figsize'] = 10, 8
7
8 Pi = 0          # Nacimientos Diarios
9 Del = 0.0001    # Muertes Naturales % (Por dia)
10 Bet = 0.0095    # Transmision % (Por dia)
11 Zet = 0.0001    # Removidos % (Por dia)
12 Alf = 0.0001    # Destruídos % (Por dia)
13 Rho = 0.05      # Infected % (Por dia)
14 Kap = 0.15      # Infectados Q % (Por dia)
15 Sig = 0.10      # Infected % (Por dia)
16 Gam = 0.001     # Infected % (Por dia)
17
18 #Sistema de Ecuaciones Diferenciales
19 def f(y, t):
20     Si = y[0]
21     Zi = y[1]
22     Ri = y[2]
23     Ii = y[3]
24     Qi = y[4]
25     # Modelo
26     f0 = Pi - Bet*Si*Zi - Del*Si #Si
27     f1 = Rho*Ii + Zet*Ri - Alf*Si*Zi - Sig*Zi #Zi
28     f2 = Del*Si + Del*Ii + Alf*Si*Zi - Zet*Ri + Gam*Qi #Ri
29     f3 = Bet*Si*Zi - Rho*Ii - Del*Ii - Kap*Ii #Ii
30     f4 = Kap*Ii + Sig*Zi - Gam*Qi #Qi
31     return [f0, f1, f2, f3, f4]
32
33 S0 = 500.          # Poblacion Inicial
34 Z0 = 0.            # Zombie Inicial
35 R0 = 0.            # Muertos Inicial
36 I0 = 1.            # Infectados Inicial
37 Q0 = 0.            # Cuarentena Inicial
38 y0 = [S0, Z0, R0, I0, Q0] # Condiciones Iniciales
39 t = np.linspace(0., 30., 1000) # Tiempo
40
41 # Solucion E.D.
42 soln = odeint(f, y0, t)
43 S = soln[:, 0]
44 Z = soln[:, 1]
45 R = soln[:, 2]
46 I = soln[:, 3]
47 Q = soln[:, 4]
48 # Grafica
49 plt.figure()
50 plt.ylim(0,600)
51 plt.grid(True)
```

```

52 plt.plot(t, S, label='Vivos')
53 plt.plot(t, Z, label='Zombies')
54 plt.xlabel('Tiempo')
55 plt.ylabel('Poblacion')
56 plt.title('Apocalipsis Zombie – Modelo Caurentena.')
57 plt.legend(loc="best")

```

Listing 3: Código Cuarentena.py

3.4. Modelo con Cura

```

1  import numpy as np
2  import matplotlib.pyplot as plt
3  from scipy.integrate import odeint
4  plt.ion()
5  plt.rcParams['figure.figsize'] = 10, 8
6
7  Pi = 0          # Nacimientos Diarios
8  Del = 0.0001    # Muertes Naturales % (Por dia)
9  Bet = 0.0095    # Transmision          % (Por dia)
10 Zet = 0.0001    # Removidos            % (Por dia)
11 Alf = 0.0001    # Destruídos           % (Por dia)
12 Rho = 0.05      # Infected              % (Por dia)
13 Ce = 0.05       # Cura                  % (Por dia)
14
15 #Sistema de Ecuaciones Diferenciales
16 def f(y, t):
17     Si = y[0]
18     Zi = y[1]
19     Ri = y[2]
20     Ii = y[3]
21     # Modelo
22     f0 = Pi - Bet*Si*Zi - Del*Si + Ce*Zi          #Si
23     f1 = Rho*Ii + Zet*Ri - Alf*Si*Zi - Ce*Zi     #Zi
24     f2 = Del*Si + Del*Ii + Alf*Si*Zi - Zet*Ri    #Ri
25     f3 = Bet*Si*Zi - Rho*Ii - Del*Ii             #Ii
26
27     return [f0, f1, f2, f3]
28
29 S0 = 500.          # Poblacion Inicial
30 Z0 = 0.            # Zombie Inicial
31 R0 = 0.            # Muertos Inicial
32 I0 = 1.            # Infectados Inicial
33 y0 = [S0, Z0, R0, I0] # Condiciones Iniciales
34 t = np.linspace(0., 30., 1000) # Tiempo
35
36 # Solucion E.D.
37 soln = odeint(f, y0, t)
38 S = soln[:, 0]
39 Z = soln[:, 1]
40 R = soln[:, 2]
41 I = soln[:, 3]

```

```

42 # Grafica
43 plt.figure()
44 plt.ylim(0,500)
45 plt.grid(True)
46 plt.plot(t, S, label='Vivos')
47 plt.plot(t, Z, label='Zombies')
48 plt.xlabel('Tiempo')
49 plt.ylabel('Poblacion')
50 plt.title('Apocalipsis Zombie – Modelo Tratamiento.')
51 plt.legend(loc="best")

```

Listing 4: Código Tratamiento.py

Referencias

- [1] Zombiepedia,(2016) *Zombies*. Recuperado de: <http://zombie.wikia.com/wiki/Special:WikiActivity>
- [2] Munz, P., Hudea, I., Imad, J., et al(2009) *When zombies attack!: Mathematical modelinng of an outbreak of zombie infection* Recuperado de: <http://mysite.science.uottawa.ca/rsmith43/Zombies.pdf>
- [3] Scipy Cookbook.(2015) *Modeling a Zombie Apocalypse* Recuperado de: http://scipy-cookbook.readthedocs.io/items/Zombie_Apocalypse_ODEINT.html
- [4] Lizárraga, C. (2016) *Actividad 11 (2016-1)*. Recuperado de <http://computacional1.pbworks.com/w/page/107502219/Actividad%2011%20%282016-1%29>