



Pontificia Universidad Javeriana

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

MODELOS EPIDEMIOLÓGICOS: ÉBOLA DE 2014-2016

Proyecto Final

Autores:

Marlon Esteban Linares Zambrano

Juan Felipe Marin Florez

Andres José Mora Arévalo

Brian David Hortua Viña

23 de Mayo del 2020

Índice

1. Introducción	2
2. Ébola	2
3. Modelo SIR	3
4. Modelo SI	4
5. Modelo SIS	4
6. Datos	5
7. Desarrollo del aplicativo en Shiny	6
8. Error	8
9. Conclusiones	8

1. Introducción

Con la reciente situación de contingencia a causas de la propagación del Covid-19 a nivel mundial los distintos institutos encargados de realizar mediciones y predicciones respecto a su propagación y como esta la tasa de contagio tienen la tarea de analizar los factores que puedan predecir las curvas de crecimiento de contagio y como se compara con las poblaciones vulnerables. Para estos sistemas de epidemia se manejan sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarios que, con unas tasas de crecimiento estimadas se pueden analizar distintos factores de propagación, recuperación, y números de contagiados. En este trabajo presentamos un modelo epidemiológico basado en información relacionada con el virus del Ébola.

2. Ébola

El Ébola es un virus de la familia de los filovirus por su característica filamentosa que fue descubierto cerca al río Ébola, de ahí viene el nombre, en 1976 en la república Democrática del Congo. El virus no se transmite por el aire, un ser humano se contagia a través de contacto directo por fluidos corporales u objetos que hayan sido tocados con dichos fluidos. Al igual que el actual COVID-19 este virus expone mucho a las personas de la salud al estar expuestos por su regular contacto con personas infectadas. En personas, el virus del ébola tiene un período de 2 a 21 días de incubación y que se presenten síntomas con un promedio de 8 a 10 días [1]. De igual manera se sabe que es un virus más temido debido a que el porcentaje de pacientes con ébola que sobreviven es del menos del 50 %. Un problema que hay con estas mediciones, que aún en el presente se ve reflejado es que los datos son difíciles de probar el error que puedan tener debido a que estadísticas como la tasa de mortalidad son medidas con los limitados pacientes registrados con dicha enfermedad y no se garantiza que haya más contagiados debido a que no se puede hacer una prueba por cada individuo en cada una de las posibles etapas del virus. Al igual que con el COVID-19 las recomendaciones con el ébola son las mismas, las maneras de evitar su transmisión y propagación son de evitar el acercamiento y el contacto y en caso de tener la enfermedad un aislamiento sería lo más adecuado. A pesar de su largo tiempo que lleva en la historia no se ha registrado una cura o vacuna para dicha enfermedad.

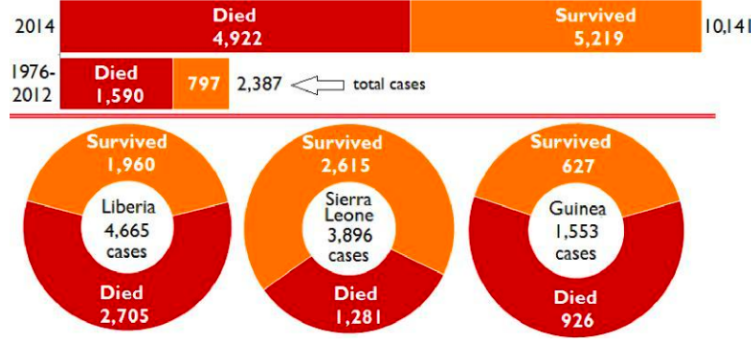


Figura 1: Brotes de ébola: 1976-2014, según lo informado el 22 de octubre de 2014 [2].

3. Modelo SIR

El modelo SIR es un modelo epidemiológico determinista que se basa en sistemas dinámicos que observan de manera conjunta los estados por los cuales puede pasar un grupo de infectados en una epidemia. En este caso el modelo SIR se refiere a los 3 estados que va a contemplar como modelo los cuales son Susceptible-Infectado-Removido [4]. Como se puede evidenciar cada una de las letras representa un estado lo cual con un tiempo inicial $t = 0$ y tomando $S(t)$ como el número de individuos susceptibles y $I(t)$ como el número de individuos infectados y $R(t)$ como aquellos individuos que ya no tengan la epidemia ya sea por muerte o recuperación. Para un total de n casos de dicha epidemia se puede definir la siguiente función inicial:

$$n = S(t) + I(t) + R(t) \quad (1)$$

Si la población entra en época de contagio vienen a lugar nuevos factores que ayudan a calcular el comportamiento de estos tres estados. El primero es β que va a representar el ritmo de infección que tiene y se ve implicada tanto con los individuos susceptibles o probables casos como con los ya infectados. Otra que usaremos es γ que va a determinar el ritmo de remoción, la manera en que las personas infectadas dejan de estarlo por las opciones anteriormente mencionadas. Dado estos nuevos factores a la hora de determinar cada valor se generan las siguientes nuevas ecuaciones:

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) \quad (2)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) - \gamma I(t) \quad (3)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \quad (4)$$

Como podemos ver las ecuaciones ya muestran la relación que tiene tanto β como γ en el modelo para mostrar su comportamiento. Como se puede ver en la figura 2 hay un modelo mostrando la relación que hay entre todas las ecuaciones.



Figura 2: Diagrama de bloques del modelo epidemiológico biológico SIR. [5]

4. Modelo SI

El modelo SI es la forma más simple de todos los modelos de enfermedades. Los individuos nacen en la simulación sin inmunidad (susceptibles). Una vez infectados y sin tratamiento, los individuos permanecen infectados e infecciosos durante toda su vida y permanecen en contacto con la población susceptible. Este modelo está detallado en el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) \quad (5)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) \quad (6)$$

Una aclaración para nuestro proyecto es que durante el periodo epidémico del ébola las personas que se contagian y se recuperaban aún tenían la capacidad de contagiar a personas susceptibles. Por lo que consideramos que este modelo se puede aplicar debido a que se puede considerar esa capacidad de infección adquirida por el contagio como una infección que duraría por siempre.

5. Modelo SIS

El modelo SIS parte del mismo concepto que el modelo SIR solo que este caso se considera a las personas Removido como personas nuevamente susceptibles al contagio de la enfermedad en cuestión [6]. Siendo esto se puede ver como este modelo tiene una hipótesis basada en la no inmunidad de las personas ya que estas se pueden volver a contagiar [7]. En el caso del Ébola se ha comprobado que las personas que se enferman y se recuperan si desarrollan inmunidad a pesar de que se hayan visto casos en donde estos han contagiado a otras personas como una mujer de 33 años en Liberia [8]. Por lo tanto este modelo es aplicado al proyecto ya que la persona no puede volver a contagiarse.

6. Datos

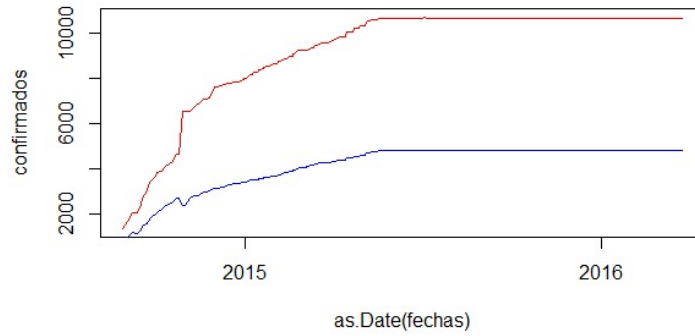


Figura 3: Gráfica hecha con R de los datos tomados de [3] donde en rojo se ve los casos confirmados y en azul los fallecidos.

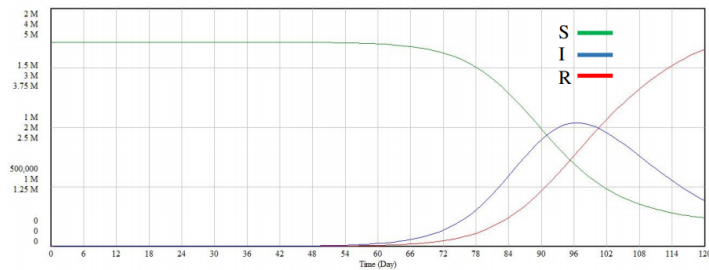


FIGURE 6: The graph of all three compartments: A case of Liberia.

Figura 4: Gráfica tomada de [3] donde se ve el modelo SIR aplicado al País de Liberia

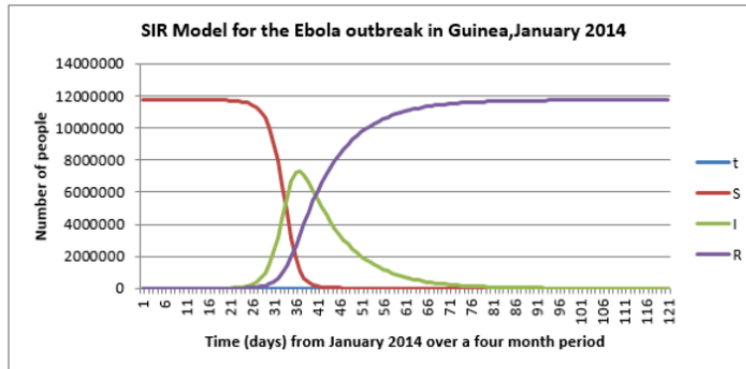


Figura 5: Gráfica tomada de [3] donde se ve el modelo SIR aplicado al País de Guinea

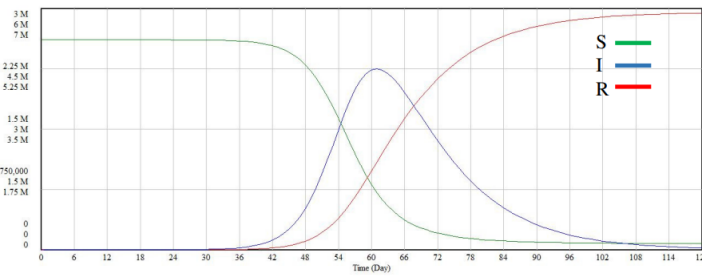


Figura 6: Gráfica tomada de [3] donde se ve el modelo SIR aplicado al País de Sierra Leona

7. Desarrollo del aplicativo en Shiny

Como propuesta para el desarrollo del modelo y la muestra de la información y el comportamiento de la epidemia del Ébola se desarrollo una interfaz gráfica a partir de Shiny que es una herramienta que trae R que es el lenguaje elegido para desarrollar el modelo. Esta interfaz pretende poder mirar de manera dinámica e interactiva de los modelos presentados. Donde para el caso del Modelo SIR se pretende mostrar el cambio de beta y gamma, como la poblacion inicial y la poblacion total e incluyendo la opción de cambiar el país donde se esta realizando el modelo.

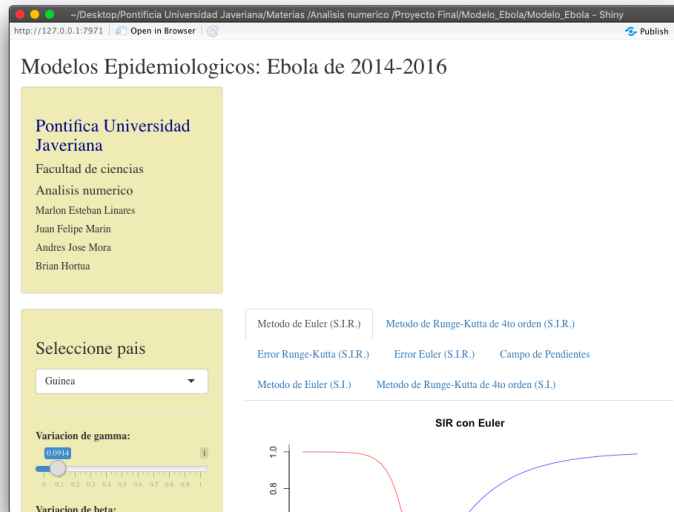


Figura 7: ScreenShot de la interfaz

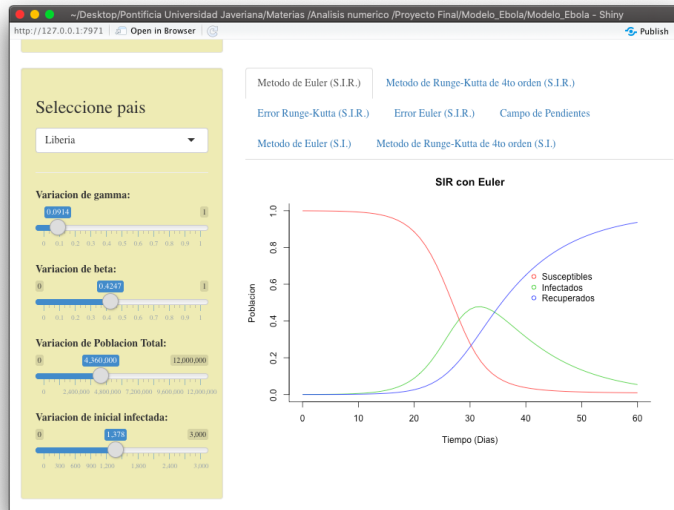


Figura 8: ScreenShot de la interfaz

8. Error

Al momento de analizar como cambian los valores respecto a las gráficas obtenidas al solucionar por el método de Euler y de Runge-kutta de cuarto orden indagamos una forma de analizar cual es la razon de cambio porcentual que tienen las gráficas en funcion de los tiempos que dura la simulación. Para esto se hizo una comparación de los valores y como estos van cambiando uno respecto del otro en el lapso de los 60 días de la simulación. La siguiente gráfica muestra el error de comparación del método de Runge-kutta Respecto al método de euler

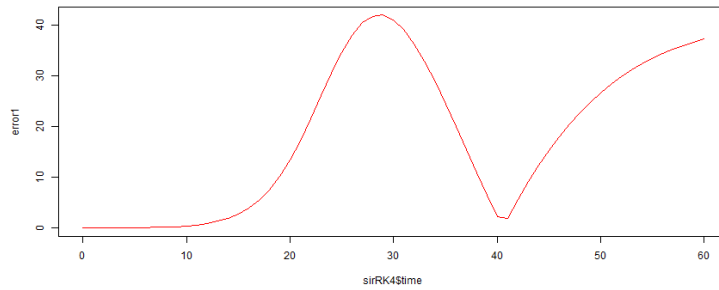


Figura 9: Error de Runge-Kutta respecto a Euler

En esta gráfica se ve la relación inversa de como se comporta la tasa de error de Euler con respecto a Runge-Kutta

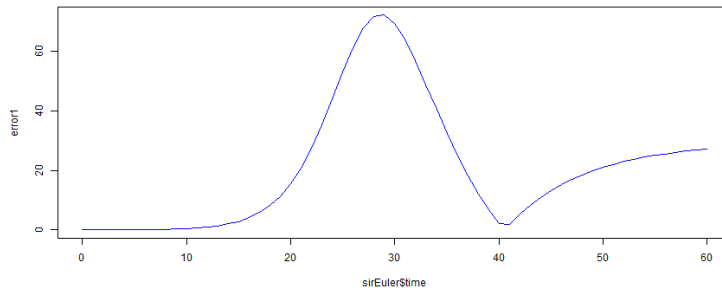


Figura 10: Error de Euler respecto a Runge-Kutta

9. Conclusiones

A partir de los resultados que se pudieron apreciar, pudimos ver que, saliendo de los números, sin importar la pandemia, es importante las medidas de auto

cuidado en la población, esto en términos numéricos significa aumentar el valor beta, lo cual hace decrecer la tasa de contagios. Pudimos apreciar, también, que en los valores que precargamos, los 2 modelos SIR reflejan de manera muy fiel los valores que esperábamos teniendo en cuenta que nos fue difícil estimar los valores de recuperación, pues los únicos datos verificados que pudimos obtener de una base de datos confiable fue la tasa de contagios por día y la tasa de muertes por día.

Referencias

- [1] Cole, Maryann. *Ebola: Essentials, Response Efforts, and Prevention Issues*. Nova Science Publishers, Inc, 2015. EBSCOhost, search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=NleBk&AN=967931&lang=es&site=eds-live.
- [2] World Health Organization *Ebola virus disease*, Who.int, 2020. [Online]. Available: https://www.who.int/health-topics/ebola/#tab=tab_1.
- [3] Bagbe Atinuke, Badejo Oduyomi Micheal and Ayodeji Samson Bagbe *Statistical Analysis of Ebola Virus Disease outbreak in Some West Africa Countries using S-I-R Model*, Department of Mathematical Sciences, Ondo State University of Science and Technology, Nigeria [Online]. Available: <https://irispublishers.com/abba/pdf/ABBA.MS.ID.000540.pdf>
- [4] D. Hincapié y J. Ospina, “*Bases para la Modelación de Epidemias: el Caso del Síndrome Respiratorio Agudo Severo en Canadá*”, Journal of Public Health V. 9 N. 1, Pp. 117-128, 2007. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/422/42290111.pdf>.
- [5] JS Valdez, P. Guevara, J. Audelo y G. Delgado, “*Enfoque numérico del modelo de epidemia SIR para la propagación de gusanos informáticos*”, en IEEE Latin America Transactions , vol. 13, no. 10, págs. 3452-3460, octubre de 2015, doi: 10.1109 / TLA.2015.7387254.
- [6] Brauer, F., Castillo-Chavez, C., De la Pava, E., Castillo-Garsow, C., Chowell, D., Espinoza, B., González, P., Hernández, C. & Moreno, V. (2014). *Modelos de la propagación de enfermedades infecciosas*. Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia.
- [7] ALPÍZAR-BRENES, Geisel Yajaira. *Análisis de un modelo SIS para el estudio de la dinámica de propagación de la enfermedad al aplicar medidas de control*. Revista Tecnología en Marcha, 2016, vol. 29, p. 42-50.
- [8] R. Mendez, *Una superviviente del Ébola infecta a toda su familia un año después*, El Español, 2020. [Online]. Available: https://www.elespanol.com/ciencia/salud/20180727/superviviende-ebola-infecta-toda-familia-ano-despues/325468607_0.html. [Accessed: 21- May-2020].