



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

Facultad de Ciencias

Departamento de Matemáticas

cherrera@javeriana.edu.co

ANALISIS NUMERICO

TRABAJO FINAL

Estudiante 1 Diana Sofía Carrillo.

Estudiante 2 David Ramírez Monroy.

Estudiante 3 Andrés Giraldo Malagón.

Estudiante 4 Camilo García Silva.

Cada grupo debe entregar este documento con los resultados y las implementaciones (R o Python) en archivos anexos, al correo herrera.eddy@gmail.com y **DEBEN SUBIR AL REPOSITORIO LA SOLUCIÓN Y LA IMPLEMENTACIÓN EN LA CARPETA TRABAJO FINAL INDICANDO EL LINK DE LOS RESPOSITORIOS DE CADA ESTUDIANTE**

TIEMPO LIMITE 9:30 am HORA LOCAL DEL 18 DE NOVIEMBRE DEL 2021

La estimación de la propagación de la pandemia por **Covid-19** en la ciudad de Santa Marta (Colombia) se hace a partir del modelo SIR con parámetros y condiciones iniciales dadas. El modelo SIR, aplicado en varios tipos de pandemias, objetiva estimar el número de individuos susceptibles a infectarse (S), el número de individuos infectados capaces de infectar (I) y el número de individuos recuperados (que se curaron o fallecieron) (R).

El número de individuos susceptibles a infectarse (dS) en el tiempo de observación (dt), viene dado por la **ecuación 1**: $\frac{dS}{dt} = -\beta C \frac{S}{N}$ con Donde β es la tasa temporal de probabilidad de un sujeto de llegar a infectarse, C es el número de contactos del sujeto, $1/N$ es la probabilidad de que algún contacto esté infectado, N es el universo de individuos y S el número total de individuos susceptibles de infectarse.

El número de individuos infectados dI en el tiempo de observación dt se expresa mediante la **ecuación 2**: $\frac{dI}{dt} = \beta C \frac{S}{N} - \frac{dR}{dt}$. Donde $\frac{dR}{dt}$ es la cantidad de personas que en el tiempo de observación se están recuperando. Como en el tiempo de observación, es posible que algunos de los individuos se hayan recuperado, por lo que estos dejarán de pertenecer al grupo I para engrosar el grupo R, lo que se traduce en una substracción a la cantidad de infectados.

El número de recuperados dR en el tiempo de observación se puede modelar, de manera simple, mediante la **ecuación 3**: $\frac{dR}{dt} = \gamma I$. Donde γ es la tasa temporal de recuperación de un sujeto infectado, o sea, γdt es la probabilidad de recuperación, en el tiempo dt , de un sujeto que estaba infectado

Productos:



1. Solucionar el sistema de ecuaciones utilizando el método de **Euler**, las condiciones iniciales se establecieron en $I(0) = 2/N$, $S(0) = 1 - I$, $R(0) = 0$ y $N = 479.853$, en consonancia con los datos reportados por el **Instituto Nacional de Salud (INS)** de Colombia para el periodo entre el 20 de marzo y el 30 de mayo de 2020. Los parámetros del modelo son $\beta = 0,06$, $C = 1,5$ y $\gamma = 0,021$, fueron ajustados numéricamente hasta que los casos (infectados más recuperados) estimados se aproximaran a con error < 0.05 de los casos reportados.

Respuesta:

time	S	I	R
0	0.999996873925412	3.12607458813967e-06	0
1	0.999996686361523	3.24799091073658e-06	6.56475663509331e-08
2	0.999996491482714	3.37466191049525e-06	1.33855375476401e-07
3	0.99999628900371	3.50627301460098e-06	2.04723275596802e-07
4	0.99999607862811	3.64301688146445e-06	2.78355008903422e-07
5	0.999995860047954	3.78509368270413e-06	3.54858363414176e-07
6	0.999995632943273	3.93271139612321e-06	4.34345330750962e-07
7	0.99999539698162	4.08608611010959e-06	5.1693227006955e-07
8	0.999995151817582	4.24544233990409e-06	6.02740078381851e-07
9	0.999994897092276	4.41101335619962e-06	6.91894367519837e-07
10	0.999994632432825	4.58304152655175e-06	7.84525648000029e-07
11	0.99999435745181	4.76177867010028e-06	8.80769520057616e-07
12	0.999994071746702	4.94748642612025e-06	9.80766872129722e-07
13	0.999993774899276	5.14043663694178e-06	1.08466408707825e-06
14	0.999993466474998	5.34091174579836e-06	1.19261325645402e-06
15	0.999993146022387	5.54920521018567e-06	1.30477240311579e-06
16	0.999992813072356	5.76562193133521e-06	1.42130571252969e-06
17	0.999992467137527	5.99047870043083e-06	1.54238377308773e-06
18	0.999992107711512	6.2241046622205e-06	1.66818382579678e-06
19	0.99999173426818	6.46684179670132e-06	1.79889002370341e-06
20	0.999991346260879	6.71904541958187e-06	1.93469370143413e-06
21	0.999990943121643	6.98108470225359e-06	2.07579365524535e-06
22	0.999990524260354	7.25334321203139e-06	2.22239643399268e-06
23	0.999990089063885	7.5362194734531e-06	2.37471664144534e-06
24	0.999989636895198	7.83012755145838e-06	2.53297725038785e-06
25	0.999989167092414	8.13549765729932e-06	2.69740992896848e-06
26	0.999988678967842	8.45277677806833e-06	2.86825537977176e-06
27	0.999988171806977	8.78242933076353e-06	3.0457636921112e-06
28	0.99998764486745	9.12493784184715e-06	3.23019470805723e-06
29	0.999987097377944	9.4808036532902e-06	3.42181840273602e-06
30	0.999986528537064	9.85054765613493e-06	3.62091527945512e-06
31	0.999985937512167	1.02347110526469e-05	3.82777678023395e-06

En la tabla anterior, se evidencian los valores del sistema SIR entre marzo 20 y abril 20 del 2020. Los valores se presentan en forma de proporción, para obtener el valor del número de personas en cada condición basta con multiplicar el número de personas total con cada valor.

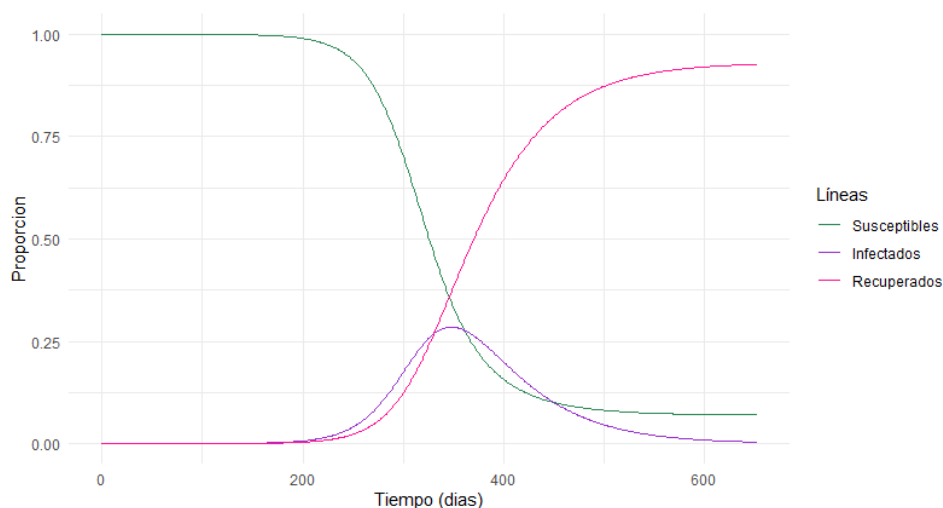
2. Con base en la solución anterior realice **una** gráfica de la **proyección** del número de susceptibles, infectados y recuperados desde el inicio de la pandemia, del 20 de marzo de 2020 hasta el 1 de enero de 2022.



Respuesta:

Modelo SIR: Propagacion COVID-19 Santa Marta

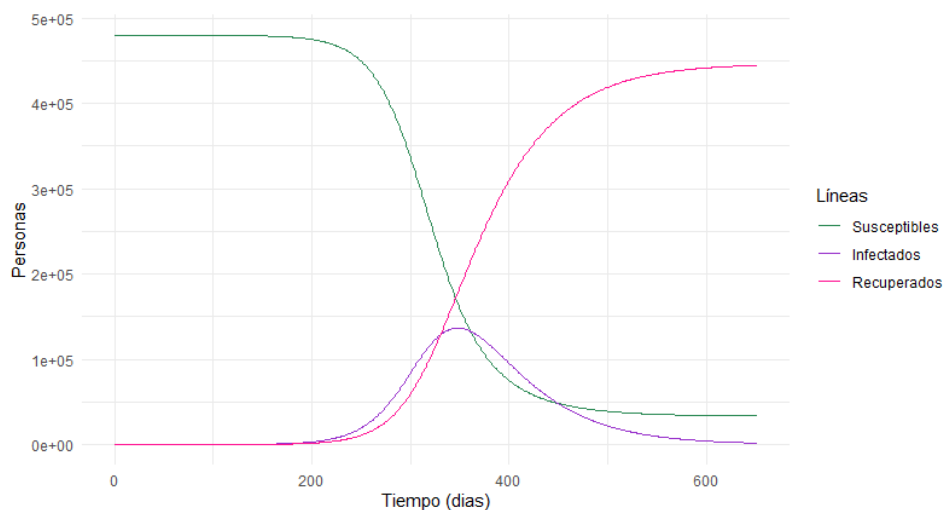
Marzo 20/2020-Enero 01/2022, $\beta=0.06$, $\gamma=0.021$, $n=479835$, $c=1.5$



En la gráfica anterior se evidencia la proyección de la propagación del COVID 19 en términos de la proporción del número total de individuos en la ciudad de Santa Marta para un tiempo aproximado de 652 días, correspondiente al periodo entre marzo de 2020 y enero de 2022.

Modelo SIR: Propagacion COVID-19 Santa Marta

Marzo 20/2020-Enero 01/2022, $\beta=0.06$, $\gamma=0.021$, $n=479835$, $c=1.5$



Dentro la gráfica presentada anteriormente se observa la proyección de propagación del COVID-19 en Santa Marta en un lapso aproximado de 652 días, correspondiente al periodo entre marzo de 2020 y enero de 2022, con respecto al total de personas de la ciudad.



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

Facultad de Ciencias

Departamento de Matemáticas

cherrera@javeriana.edu.co

3. Determine la cantidad máxima aproximada de infectados en relación con la población total y en qué fecha aproximadamente se espera esto.

Respuesta: La proporción mayor de infectados estimada es: 0.28 (aproximadamente 136,632 personas) y se espera ocurra en el día: 348 (aproximadamente 3 de marzo del 2021).

4. Determine el porcentaje de la población que llegaría a infectarse y el porcentaje de recuperación

Respuesta: El porcentaje estimado de población infectada para enero 01 del 2022 es: 93.02% y el porcentaje estimado de personas recuperadas es: 92.66%.

5. Se dice que una situación epidémica controlada será cuando: $\frac{\gamma}{\beta C} > \frac{S}{N}$ determine en que instantes del tiempo la situación está controlada.

Respuesta: Teniendo en cuenta que $\gamma/\beta C$ es igual a 0.23 se realizó el respectivo análisis de la tabla con el fin de calcular para cada iteración los valores en los cuales se cumple la desigualdad definida anteriormente, obteniendo como resultado que la situación está controlada a partir del día 372 (27 de marzo del 2021).