

ESTIMACIÓN DE LA PROPAGACIÓN DEL CORONAVIRUS 2019 (COVID-19) EN PERÚ USANDO UN MODELO SIR

Jairo Pinedo Taquía

Ingeniero Biomédico

Politecnico di Milano

jairo.pinedo@mail.polimi.it

& JhellyPérezNúñez

Magister en Matemática Aplicada

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

jhelly.perez@unmsm.edu.pe

RESUMEN

Actualmente el mundo está sufriendo la propagación del virus COVID-19, en el cual distintos países se están viéndose afectados. Este virus ha tenido su origen en la ciudad Wuhan (China). La expansión de dicho virus ha llegado hasta países de Sudamérica, en el cual Perú no es ajeno a dicha pandemia. En Perú se ha registrado el primer caso confirmado por COVID-19, el día 06 de marzo y de ahí en adelante, los casos han venido en aumento día a día. Lo que se plantea en el presente estudio es utilizar un modelo SIR para poder estimar la propagación del virus bajo la hipótesis que no existan medidas de precaución alguna. Esta propuesta no contempla la movilización de los ciudadanos a otros países, es decir el número de la población se mantiene fija. Para una siguiente etapa, se analizará el impacto cuantitativo en la propagación bajo diferentes medidas de precaución que pudieran ser adaptadas por la población.

I. INTRODUCCIÓN

La propagación del COVID-19 es un tipo de coronavirus que ha desencadenado, hasta el 16 de marzo del 2020, la muerte de 7178 personas y 79911 recuperados entre 183 737 infectados en todo el mundo [1]. Este tipo de virus tiene un índice de mortalidad mucho más alto que otros tipos de coronavirus como el ‘Síndrome respiratorio agudo grave (SARS-CoV)’ o el ‘Síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV)’ [2]. Los países más afectados han sido China, Italia, Ira y Corea del sur según reportes encontrados en los diferentes sitios de internet, por lo cual este fenómeno ha sido declarado como pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el día 11 de marzo [3]. Dicha pandemia ha llegado hasta diversos países sudamericanos como Perú, Ecuador, Colombia entre otros [4]. En Perú, el gobierno dio a conocer el primer caso confirmado el día 06 de marzo del presente [5] en el cual día a día los casos de personas contagiadas han venido incrementándose, la última

actualización del día 16 de marzo ha listado un total 86 casos positivos [6].

El gobierno de turno ha dado una serie de medidas de precaución en lo cual busca disminuir el contagio entre las personas[7]. En el presente estudio, se buscará estimar y cuantificar el número de personas infectadas bajo la hipótesis que no exista ninguna medida de prevención, es decir que el virus pueda propagarse libremente en territorio peruano.

II. METODOLOGÍA

Para la estimación de propagación del virus COVID-19, utilizaremos un modelo matemático aplicados para casos epidemiológico llamado ‘modelo SIR’ [8]. El cual divide a una población en tres tipos susceptibles o sanos (S), infectados (I) y los recuperadas (R). Por ende, se infiere que:

$$N = S + I + R$$

Donde N representa a la población a analizar. Las ecuaciones diferenciales respecto al tiempo que gobiernan dicho modelo son mencionadas líneas abajo:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \frac{-bSI}{N} \\ \frac{dI}{dt} &= \frac{bSI}{N} - gI \\ \frac{dR}{dt} &= gI\end{aligned}\tag{1}$$

En las ecuaciones descritas, la variable b y g hacen referencia a la probabilidad de contraer la infección y la tasa de recuperación respectivamente.

Para el procesamiento del modelo, se tiene 3 incógnitas que son N , b y g .

Para hallar el numero población N utilizaremos datos estadísticos del INEI [9]. Dicha fuente indica que en el último censo se registraron 31 millones 237 mil 385 personas.

Para el cálculo de b y g , lo que se hizo fue:

- 1. Registrar la evolución de contagiados en el Perú por día, hasta el inicio de la vigencia de las medidas restrictivas (11 días).

Día	Infectados
6 - Mar	1
7 - Mar	6
8 - Mar	7
9 - Mar	9
10 - Mar	11
11 - Mar	17
12 - Mar	22
13 - Mar	38
14 - Mar	43
15 - Mar	71
16 - Mar	86

TABLE I: Cantidad de infectados por día en Perú [10]



Fig. 1: Número de infectados por día en Perú

- 2. Asumiendo que el número inicial de contagiados fueron 06, se intenta fijar el modelo SIR para los primeros 11 días. Para ello se utilizó el comando ODE45 del software MATLAB [11].

Nº	Día	Número de Infectados	Número de Infectados (modelo SIR)
1	6 - Mar	1	6
2	7 - Mar	6	8
3	8 - Mar	7	10
4	9 - Mar	9	13
5	10 - Mar	11	17
6	11 - Mar	17	22
7	12 - Mar	22	29
8	13 - Mar	38	38
9	14 - Mar	43	49
10	15 - Mar	71	65
11	16 - Mar	86	85

TABLE II: Comparación de número real personas infectadas con lo estimado según modelamiento SIR.

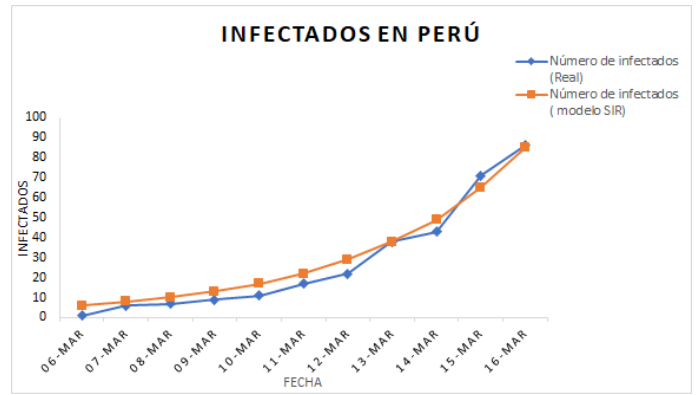


Fig. 2: Representación gráfica del número real personas infectadas y número de infectados según modelamiento SIR.

- 3. Bajo estas consideraciones se obtiene un valor, ajustado a la población peruana de $b = 0.415$ y $g = 0.15$.

Los datos muestran que dichos parámetros serían los más adecuados al modelo SIR, bajo las condiciones mencionadas. Posterior a ello, con todas las incógnitas ya despejadas, se procedió a evaluar la propagación del virus durante los siguientes 120 días. Después de haber hallado, se estima que el 5% de la cantidad de infectados requieran hospitalización y el 2% estarían en cuidados intensivos [12] .

III. RESULTADOS

La curva que albergaría todo el periodo de estudio sería:

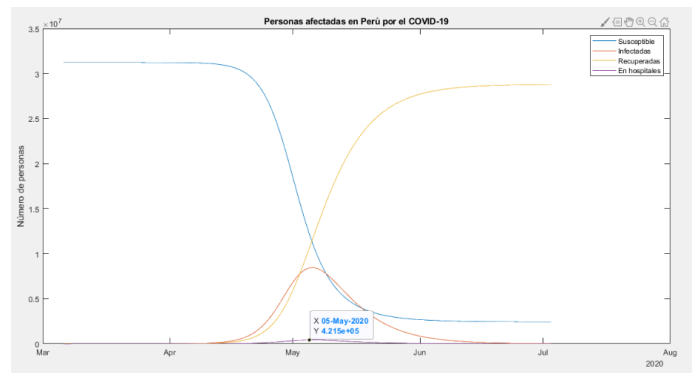


Fig. 3: Representación gráfica de la propagación del virus durante los próximos 120 días.

La proyección de propagación del virus sería la siguiente:

Fecha (Año 2020)	Personas Infectadas	Personas Siendo Atendidas en Hospitales	Personas en Unidad de Cuidados Intesivos
6 - Mar	6	0	0
7 - Mar	8	0	0
8 - Mar	10	1	0
9 - Mar	13	1	0
10 - Mar	17	1	0
11 - Mar	22	1	0
12 - Mar	29	1	1
13 - Mar	38	2	1
14 - Mar	49	3	1
15 - Mar	65	3	1
16 - Mar	85	4	2
17 - Mar	111	6	2
18 - Mar	144	7	3
19 - Mar	188	9	4
20 - Mar	245	12	5
31 - Mar	4522	226	90
15 - Abr	236300	11815	4726
30 - Abr	6145200	307260	122904
1 - May	6837000	341850	136740
2 - May	7436100	371805	148722
3 - May	7912900	395645	158258
4 - May	8247600	412380	164952
5 - May	8430600	421530	168612
6 - May	8462000	423100	169240
7 - May	8352300	417615	167046
8 - May	8224600	406230	162492
9 - May	7805300	390265	156106
10 - May	7418300	370915	148366
15 - May	5126000	256300	102520
1 - Jun	844900	42245	16898
15 - Jun	166280	8314	3326
30 - Jun	28570	1429	571
1 - Jul	25400	1270	508
2 - Jul	22590	1130	452
3 - Jul	20080	1004	402

TABLE III: Proyección del número de personas afectadas según modelamiento SIR.

IV. CONCLUSIONES

- El número máximo de contagiados se daría aproximadamente el día 05 de mayo aproximadamente 8 millones 462 mil personas.
- En dicha fecha, se estimaría que aproximadamente 421 mil estarían siendo hospitalizadas de las cuales 170 mil personas permanecerían en cuidados intensivos.
- Es urgente tener medidas de prevención para aminorar la cifra de propagación.

V. DISCUSIÓN

- Este modelo toma casos generalizados, utilizando diversos criterios los cuales pueden variar en la realidad debido a diversos factores.
- Se puede tratar de estimar los efectos de ciertas medidas de prevención como cuarentena, cierre de aeropuertos entre otros utilizando un modelo más complejo [2].
- Se comparte el código utilizado para que pueda ser utilizado y mejorado libremente.

VI. ANEXOS

El código utilizado en MATLAB se muestra a continuación:

- El código principal es:

```
clear all
clc
x0 = [31.237385*10^6; 6; 0]; % Initial 32999929 Susceptible and 71
% Infectious
t = linspace (1,120,120); % 60-week duration (600 data points)
[t,y] = ode45(@virus_covid, t,x0); % in MATLAB, use the 'ode45' command
ydeath=0.02*y(:,2)
t = datetime(2020,3,6) + caldays(0:119)
plot(t, y):
hold on
yhosp = 0.05*y(:,2)
plot (t, yhosp); %set(gca, 'YScale', 'log')
legend ('Susceptible', 'Infectadas', 'Recuperadas', 'En hospitales');
y(1:20,2)
ylabel('Número de personas')
title ('Personas afectadas en Perú por el COVID-19')
```

- El script asociado es:

```
function dxdt=virus_covid(t,x)
dxdt=zeros(3,1);
b = 0.415; % probability of contracting the disease
N = x(1) + x(2) + x(3); % a fixed population for 500
individuals%('Susceptible', 'Infectious', 'Recovered');
g = 0.15; % recovery rate
dxdt(1) = - b*x(2)*x(1)/N; % Susceptible differential equation
dxdt(2) = b*x(2)*x(1)/N- g*x(2); % Infectious differential equation
dxdt(3) = g*x(2); % Recovery
end
```

REFERENCES

- [1] “Coronavirus update (live): 183,737 cases and 7,178 deaths from covid-19 virus outbreak - worldometer,” tech. rep.
- [2] D. Qianying Lin, Shi Zhao, “A conceptual model for the coronavirus disease 2019 (covid-19) outbreak in wuhan, china with individual reaction and governmental action,” vol. 93, pp. 211–216, 2020.
- [3] “Coronavirus: qué significa que la oms haya clasificado al covid-19 como pandemia - bbc news mundo,” tech. rep.
- [4] “Johns hopkins coronavirus resource center,” tech. rep.
- [5] “Martín vizcarra confirma el primer caso de coronavirus en Perú — canal n,” tech. rep.
- [6] “Coronavirus en Perú en vivo — Último minuto — covid-19 minuto a minuto — latinoamérica — estados unidos — usa — EEUU — videos Perú — correo,” tech. rep.
- [7] “Coronavirus en Perú: el decreto supremo con las nuevas medidas del gobierno contra el covid-19 — política - la república,” tech. rep.
- [8] “The sir model for spread of disease - the differential equation model — mathematical association of america,” tech. rep.
- [9] “Instituto nacional de estadística e informática,” tech. rep.
- [10] “Ministerio de salud - minsu — gobierno del Perú,” tech. rep.
- [11] “Solve nonstiff differential equations — medium order method - matlab ode45 - mathworks italia,” tech. rep.
- [12] “Coronavirus model shows individual hospitals what to expect - stat,” tech. rep.