1.14. El COVID19 – "Achatar la curva"

En la transmisión de una enfermedad viral se suele considerar la existencia de tres tipos de poblaciones: la susceptible (S), la infectada (I) y la recuperada o inmunizada (R). La población susceptible se infecta en forma proporcional a la cantidad de infectados y a la fracción de susceptibles en la población total (N), siendo β el coeficiente de transmisión. La población infectada se recupera de la infección a una tasa γ por número de infectados. Parte de la población infectada muere; considere como **m** la fracción de muertos entre los infectados; una estimación primaria indica que se encuentra en torno al 3%.

a) Asumiendo que la población total no varía significativamente, escribir las ecuaciones del modelo.

b) Suele tomarse el parámetro γ como el inverso del tiempo medio de incubación de la enfermedad. Por ejemplo, en el caso del COVID19 se estima en unos 10 días en promedio (entre 7 y 14 días). El denominado "Basic Reproductive Number" refleja la relación entre la tasa de contagio β y la tasa de recuperación γ . Para este virus se estima un valor de Ro = 2.5 (no se tiene certeza, pero estaría entre 2 y 3). Considérese una ciudad de un millón de habitantes entre los que aparece un enfermo con COVID19. Graficar por un lado las cantidades de las distintas poblaciones (S, I, R) en el tiempo y por otro el número de muertes (M) (considerando como si fueran funciones continuas). Hacerlo en una sola figura (dos gráficas) con el mismo eje de tiempo.

c) Determinar el tiempo en que aproximadamente el 50% de la ciudad ya pasó por la enfermedad.

d) Si se toman medidas para evitar el contacto entre las personas, el coeficiente de transmisión puede reducirse en un 40%. Grafique en una sola figura las curvas de infectados con y sin medidas.

e) Hay quien dice que, habiendo comenzado en el pico del invierno, la epidemia disminuirá naturalmente en el verano. Podría modelarse este efecto estacional asumiendo que la tasa de contagio varía cosinusoidalmente, considerando que existe un valor basal equivalente al 20% de la tasa máxima. Compare los resultados con las gráficas anteriores.

Solución

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\beta}{N}SI$$

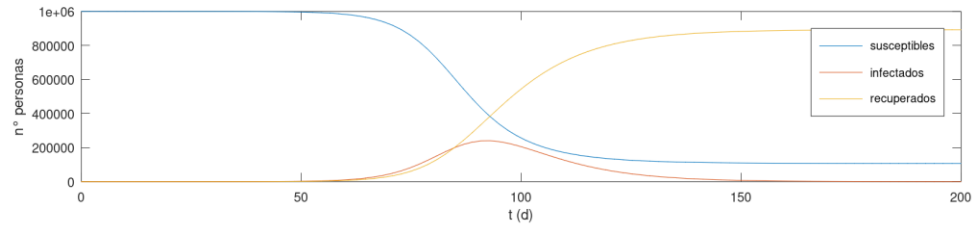
$$\frac{dI}{dt} = \frac{\beta}{N}SI - \gamma I - m\frac{dI}{dt} \quad i.e. \frac{dI}{dt} = \frac{\beta}{(1-m)N}SI - \frac{\gamma}{1-m}I$$

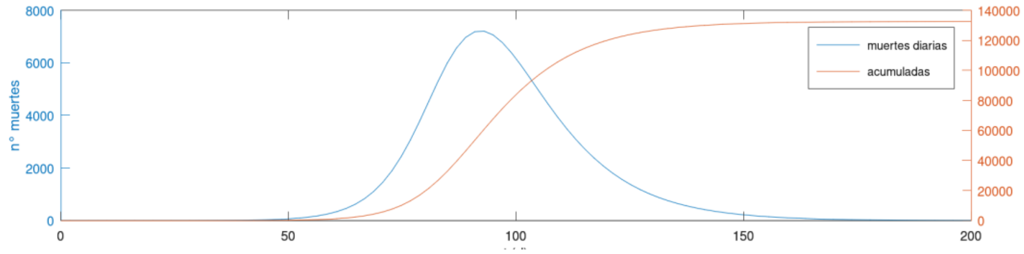
$$\frac{dR}{dt} = bI$$

$$\frac{dM}{dt} = m\frac{dI}{dt}$$

b)

```
clear all
% modelo de infección
g = 1/10; % d-1
b = 2.5*g; % d-1
m = 0.03;
N = 1000000;
p = [b g m];

function y = covid(x,t,p,N)
  S = x(1); I = x(2); R = x(3); M = x(4);
  b = p(1); g = p(2); m = p(3);
 dS_dt = - b*S*I/N;
 dI_dt = b/(1-m)*S*I/N - g/(1-m)*I;
 dR_dt = g*I;
 dM_dt = m*dI_dt;
 y = [dS_dt dI_dt dR_dt dM_dt];
endfunction

x0 = [999999 1 0 0]; tspan = linspace(0,200,100);
x = lsode(@(x,t) covid(x,t,p,N),x0,tspan);
figure(1)
subplot(211)
plot(tspan,x(:,1:3))
xlabel('t (d)'); ylabel('n° personas');
legend('susceptibles','infectados','recuperados');
subplot(212)
plotyy(tspan,x(:,4),tspan,cumsum(x(:,4)))
xlabel('t (d)'); ylabel('n° muertes'); legend('muertes diarias','acumul
```





c) Los contagiados son I+R+M. Selecciono con find del vector suma los que son mayores de medio millón y me quedo con el primer elemento.

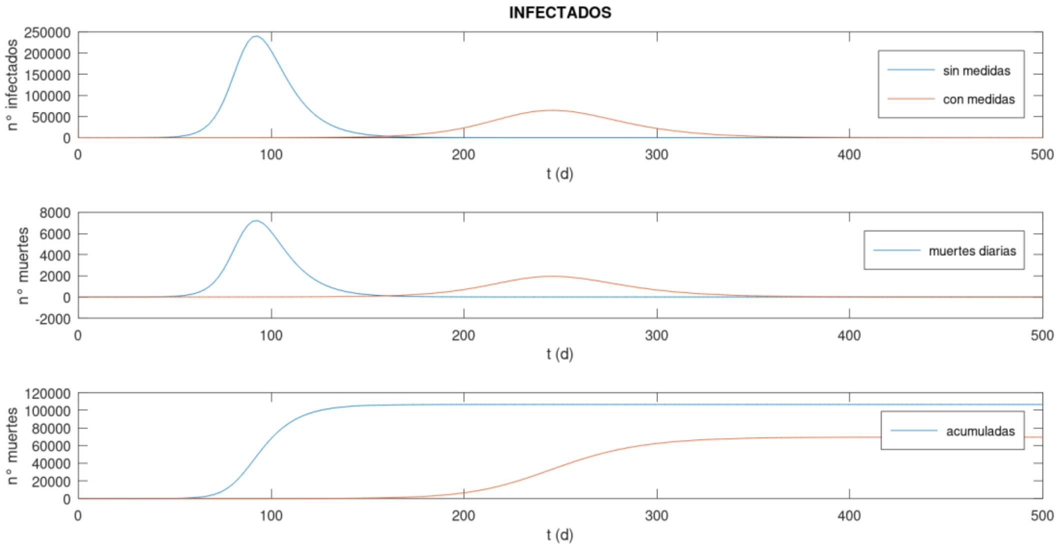
```
% tiempo en que se infectó el 50% de la población
ii = find(x(:,2)+x(:,3)+x(:,4)>500000); i = ii(1); tspan(i)

```

```
ans =  88.889
>> |
```

O sea 89 días.

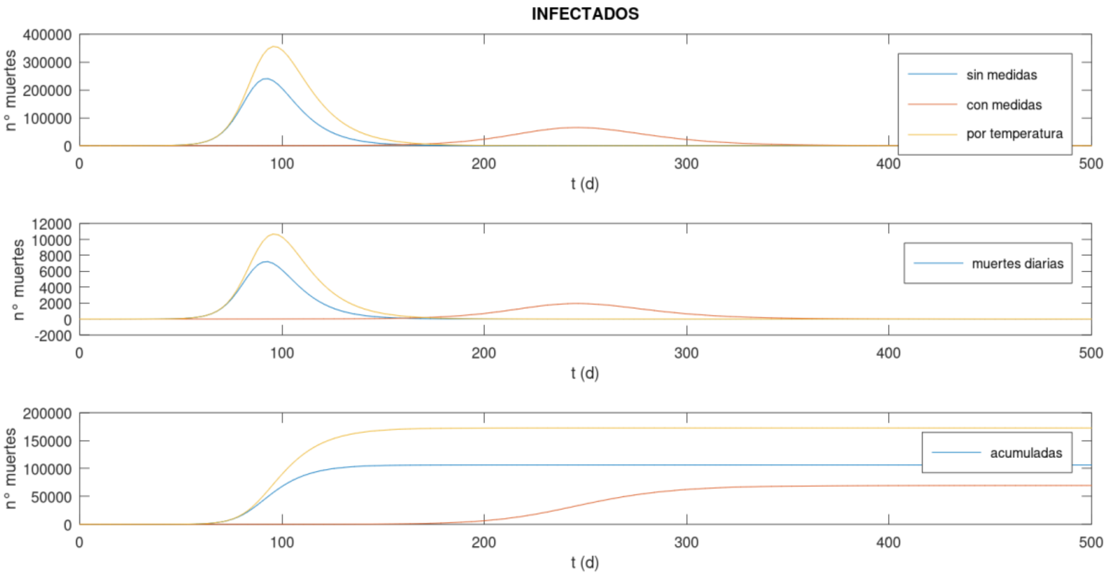
d) Si la tasa de contagio se reduce un 40% entonces es $\beta_2 = 0.60\ \beta$

```
% Se reduce un 40% la tasa de contagio
tspan = linspace(0,500,200);
x1 = lsode(@(x,t) covid(x,t,p,N),x0,tspan);
b2 = 0.6*b; p = [b2 g m];
x2 = lsode(@(x,t) covid(x,t,p,N),x0,tspan);

figure(2)
subplot(311)
plot(tspan,[x1(:,2) x2(:,2)])
xlabel('t (d)'); ylabel('n° infectados'); legend('sin medidas','con med
title('INFECTADOS')
subplot(312)
plot(tspan,[x1(:,4) x2(:,4)])
xlabel('t (d)'); ylabel('n° muertes'); legend('muertes diarias')
subplot(313)
plot(tspan,[cumsum(x1(:,4)) cumsum(x2(:,4))])
xlabel('t (d)'); ylabel('n° muertes'); legend('acumuladas')

```



d) Ahora $\beta_3 = \beta\,(0.6 + 0.4\cos(2\pi t))$, con t en años.

```
% variación estacional 20% basal
function y = covid_b(x,t,p,N)
  S = x(1); I = x(2); R = x(3); M = x(4);
  b = p(1); g = p(2); m = p(3);
  b3 = b*(0.6 + 0.4*cos(2*pi()*t/365));
 dS_dt = - b3*S*I/N;
 dI_dt = b/(1-m)*S*I/N - g/(1-m)*I;
 dR_dt = g*I;
 dM_dt = m*dI_dt;
 y = [dS_dt dI_dt dR_dt dM_dt];
endfunction

p = [b g m];
x3 = lsode(@(x,t) covid_b(x,t,p,N),x0,tspan);
figure(3)
subplot(311)
plot(tspan,[x1(:,2) x2(:,2) x3(:,2)])
xlabel('t (d)'); ylabel('n° muertes'); legend('sin medidas','con medida
title('INFECTADOS')
subplot(312)
plot(tspan,[x1(:,4) x2(:,4) x3(:,4)])
xlabel('t (d)'); ylabel('n° muertes'); legend('muertes diarias')
subplot(313)
plot(tspan,[cumsum(x1(:,4)) cumsum(x2(:,4)) cumsum(x3(:,4))])
xlabel('t (d)'); ylabel('n° muertes'); legend('acumuladas')
```


INFECTADOS
n° muertes
t (d)
sin medidas
con medidas
por temperatura
muertes diarias
acumuladas