Simulacion del grado de propagacion de la Covid-19 Ecuador

Para realizar esta simulacion se utilizar la libreria pygame para ello se debe instalar pygame

conda install -c cogsci pygame.

Introduccion

En una epidemia, el parámetro fundamental, del que todo depende, es R0. Este símbolo se refiere al número de personas que, mede cada infectado contagia antes de convertirse en inofensivo (bien porque está en aislamiento, hospitalizado o ha muerto).

El valor R0 es fundamental, porque si es grande, el contagio se alarga más rápidamente. Si R0 es 2, y si el tiempo medio en el que se permanece contagiados es una semana, y hay 1.000 infectados, entonces después de una semana los infectados será 3.000 (los 1.000 del inicio más 2.000 nuevos contagiados).

Si R0 es 5, después de una semana los infectados será 6.000 (los 1.000 de partida más 5.000 nuevos contagiados). A este punto, el ciclo vuelve a partir, con más o menos retraso, dependiendo de cuánto tiempo un nuevo infectado emplea en convertirse a sí mismo en contagioso.

Se reconstruye la dinámica de transmisión de una enfermedad inventada con cuatro escenarios diversos:

- 1. Sin ninguna medida de contención;
- 1. Con la cuarentena absoluta, aunque se «escapa» algún infectado;
- 1. Con formas de aislamiento y la distancia de seguridad entre personas que permiten salir solo a un ciudadano de cada cuatro;
- 1. Si sale solamente un ciudadano de cada ocho. En definitiva, solo con el aislamiento se puede contener la epidemia y lograr que la respuesta sanitaria sea eficaz. https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/world/corona-simulator/

Entonces, el número reproductivo (R0): Este valor representa el número promedio de personas que un individuo infectado puede contagiar. Para el COVID-19, se estima que se encuentra entre 1.4 y 4 (Qun Li, 2020). Ademas segun estimaciones de la OMS la probabilidad de fallecimiento es de 1.2% - 4.2% segun https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099(20)30243-7/fulltext

In [2]:

```
from random import randrange # Obtener un numero randomico
import pygame

#Parametros de inicio
PROBA_MUERTE = 8.4  # Probabilidad de que la gente muera COVID
CONTAGION_RATE = 4.16  # Factor R0 para la simulacion COVID probabilidad
PROBA_INFECT = CONTAGION_RATE * 10
PROBA_VACU = 0 # Probabilidad de que exista una vacuna, COVID = 0
SIMULACION_SPEED = 50 # Tiempo de un dia en milisegundos (Cada 25 es un dia)
nb_rows = 50#205 #Numero de filas
nb_cols = 50#100 #Numero de columnas

global display, myfont, states, states_temp #Declaracion de variables globales

#Declaro colores en formato RGB
WHITE = (255, 255, 255)
BLUE = (0, 0, 255)
GREEN = (0, 247, 0)
BLACK = (0, 0, 0)

#Obtiene los vecinos dado un punto x,y
def get_vecinos(x, y):
    incx = randrange(3)
    incy = randrange(3)
    incx = (incx * 1) - 1
    incy = (incy * 1) - 1
    x2 = x + incx
    y2 = y + incy
    #Validar limites
    if x2 < 0:
        x2 = 0
    if x2 >= nb_cols:
        x2 = nb_cols - 1
    if y2 < 0:
```

```
        y2 = 0
    if y2 >= nb_rows:
        y2 = nb_rows - 1
    return [x2, y2] # Nuevos contagiados

#Genero las personas que cuentan con inmunidad o vacuna
def vacunar():
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if randrange(99) < PROBA_VACU:
                states[x][y] = 1

#Funcion que permite contar el numero de muertosde la matriz states == -1
def contar_muertes():
    contador = 0
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == -1:
                contador +=  1
    return contador

#Definimos datos de inicio
states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
states_temp = states.copy()
states[randrange(50)][randrange(50)] = 10 # Estado inicial de la simulacion Posicion del Infectado
it = 0 # Variable para contar las Iteraciones
total_muerte = 0 # Contabiliza el numero de muertos
vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

pygame.init() #Incializo el motor de juegos pygame
pygame.font.init() #Inicializo el tipo de letra
display=pygame.display.set_mode((750,650),0,32) #Tamanio de la ventana
pygame.display.set_caption("Simulacion de Epidemia Covid-19 Ecuador")# Titulo
font=pygame.font.SysFont('Calibri', 40) # Tipo de letra
display.fill(WHITE) # Color de fondo

while True:
    pygame.time.delay(SIMULACION_SPEED) # Sleep o pausa
    it = it + 1
    if it <= 10000 and it >= 2:
        states_temp = states.copy() #Copia de la matriz
        #Recorrera la matriz
        for x in range(nb_cols):
            for y in range(nb_rows):
                state = states[x][y]
                if state == -1:
                    pass
                if state >= 10: # Numero de dias de contagio
                    states_temp[x][y] = state + 1
                if state >= 20:
                    if randrange(99) < PROBA_MUERTE: # Genero un randomico para verificar si
fallece o se recupera
                        states_temp[x][y] = -1 # Muere
                    else:
                        states_temp[x][y] = 1 # Cura o recupera
                if state >= 10 and state <= 20: # Rango de infectado
                    if randrange(99) < PROBA_INFECT: # Infecto a las personas cercanas entre  10 y
20
                        neighbour = get_vecinos(x, y) #Obtenemos los vecinos a contagiar
                        x2 = neighbour[0]
                        y2 = neighbour[1]
                        neigh_state = states[x2][y2]
                        if neigh_state == 0: #Verifico que este sano
                            states_temp[x2][y2] = 10 # Contagia
        states = states_temp.copy()
        total_muerte = contar_muertes() # contar el numero de muertos

    pygame.draw.rect(display, WHITE, (250, 30, 260, 50)) # Grafico el fondo
    textsurface = font.render("Total muertes: "+ str(total_muerte), False, (255,160,122)) #El numer
o de muertos
    display.blit(textsurface, (250, 30)) # Graficar el texto de muertes
    #Graficar el estado del paciente matriz
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == 0:
                color = BLUE # No infectado
            if states[x][y] == 1:
```

```
                color = GREEN # Recupero
            if states[x][y] >= 10:
                color = (states[x][y] * 12, 50, 50) # Injectado - Rojo
            if states[x][y] == -1:
                color = BLACK # Muerto
            pygame.draw.circle(display, color, (100 + x * 12 + 5, 100 + y * 12 + 5), 5)
            pygame.draw.rect(display, WHITE, (100 + x * 12 + 3, 100 + y * 12 + 4, 1, 1))
    #Escuachar los eventos del teclado
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_ESCAPE: #Presiona y Escape
            pygame.quit() #Termino simulacion
            print('Total muertes',contar_muertes())
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_SPACE: #Presiona y espacio
            #Reiniciamos valores
            states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
            states_temp = states.copy()
            states[5][5] = 10
            it = 0
            total_muerte = 0
            vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

    pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana
```

```
Total muertes 0
```

```
---------------------------------------------------------------------------
error                                     Traceback (most recent call last)
<ipython-input-2-de7893d127e5> in <module>
    128             vacunar() #Llamar a la funcion vacunar
    129
--> 130     pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana

error: video system not initialized
```

Practica

En concecuencia, generar 5 simulaciones:

1. R0 obtenidos de la prediccion del SIR (Trabajo anterior)
2. Predecir que va a ocurrir la proxima semana.
3. El valor 4, el cual representaría el peor de los casos.
4. El valor 1.4 en el mejor de los casos
5. R0 con las medidas realizadas por el Ecuador, obtenemos el R0 solo de los dias sin cuarentena y lo evaluan con los las acciones de la cuarentena.

Finalmente, agregar el numero de dias transcurridos, personas recuperadas y generar la curva SIR de las simulaciones.

Puntos extras: Plantee y realize mejoras al modelo de simulacion.

R0 obtenidos de la prediccion del SIR (Trabajo anterior)

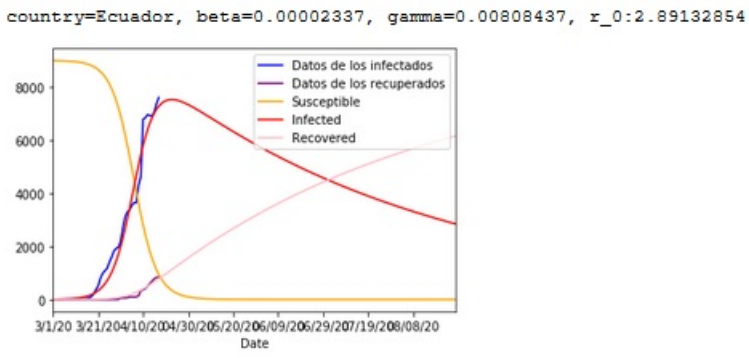
In [ ]:

```
#R0 obtenidos de la prediccion del SIR (Trabajo anterior)
from random import randrange # Obtener un numero randomico
import pygame

#Parametros de inicios
PROBA_MUERTE = 8.4  # Probabilidad de que la gente muera COVID
CONTAGION_RATE = 2.89 # Factor R0 para la simulacion COVID probabilidad
PROBA_INFECT = CONTAGION_RATE * 10
PROBA_VACU = 0 # Probabilidad de que exista una vacuna, COVID = 0
SIMULACION_SPEED = 25 # Tiempo de un dia en milisegundos (Cada 25 es un dia)
nb_rows = 100#205 #Numero de filas
nb_cols = 100#100 #Numero de columnas

global display, myfont, states, states_temp #Declaracion de variables globales

#Declaro colores en formato RGB
WHITE = (255, 255, 255)
```

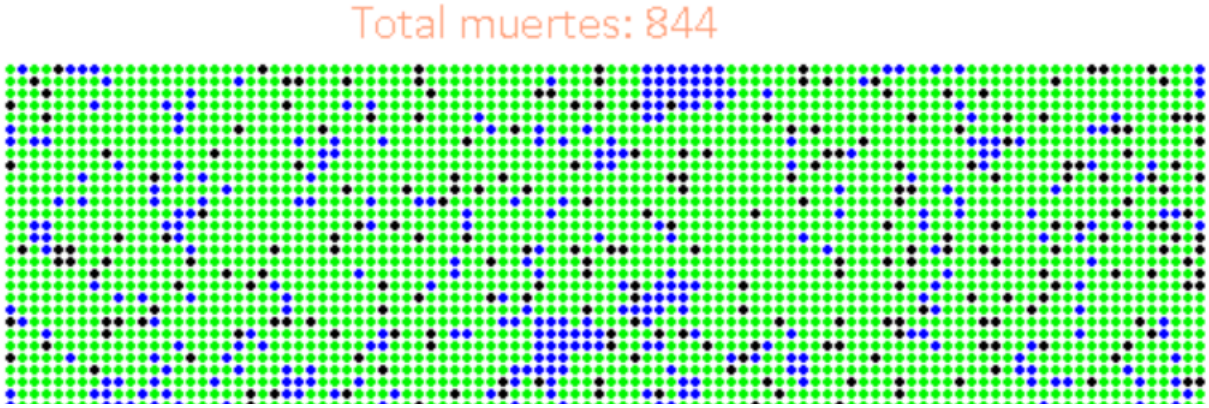
```
BLUE = (0, 0, 255)
GREEN = (0, 247, 0)
BLACK = (0, 0, 0)

#Obtiene los vecinos dado un punto x,y
def get_vecinos(x, y):
    incx = randrange(3)
    incy = randrange(3)
    incx = (incx * 1) - 1
    incy = (incy * 1) - 1
    x2 = x + incx
    y2 = y + incy
    #Validar limites
    if x2 < 0:
        x2 = 0
    if x2 >= nb_cols:
        x2 = nb_cols - 1
    if y2 < 0:
        y2 = 0
    if y2 >= nb_rows:
        y2 = nb_rows - 1
    return [x2, y2] # Nuevos contagiados

#Genero las personas que cuentan con inmunidad o vacuna
def vacunar():
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if randrange(99) < PROBA_VACU:
                states[x][y] = 1

#Funcion que permite contar el numero de muertosde la matriz states == -1
def contar_muertes():
    contador = 0
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == -1:
                contador +=  1
    return contador

#Definimos datos de inicio
states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
states_temp = states.copy()
states[randrange(100)][randrange(100)] = 10 # Estado inicial de la simulacion Posicion del
Infectado
it = 0 # Variable para contar las Iteraciones
total_muerte = 0 # Contabiliza el numero de muertos
vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

pygame.init() #Incializo el motor de juegos pygame
pygame.font.init() #Inicializo el tipo de letra
display=pygame.display.set_mode((650,600),0,32) #Tamanio de la ventana
pygame.display.set_caption("Simulacion de Epidemia Covid-19 Ecuador")# Titulo
font=pygame.font.SysFont('Calibri', 20) # Tipo de letra
display.fill(WHITE) # Color de fondo

while True:
    pygame.time.delay(SIMULACION_SPEED) # Sleep o pausa
    it = it + 1
    if it <= 10000 and it >= 2:
        states_temp = states.copy() #Copia de la matriz
        #Recorrera la matriz
        for x in range(nb_cols):
            for y in range(nb_rows):
                state = states[x][y]
                if state == -1:
                    pass
                if state >= 10: # Numero de dias de contagio
                    states_temp[x][y] = state + 1
                if state >= 20:
                    if randrange(99) < PROBA_MUERTE: # Genero un randomico para verificar si
fallece o se recupera
                        states_temp[x][y] = -1 # Muere
                    else:
                        states_temp[x][y] = 1 # Cura o recupera
                if state >= 10 and state <= 20: # Rango de infectado
                    if randrange(99) < PROBA_INFECT: # Infecto a las personas cercanas entre  10 y
20
```

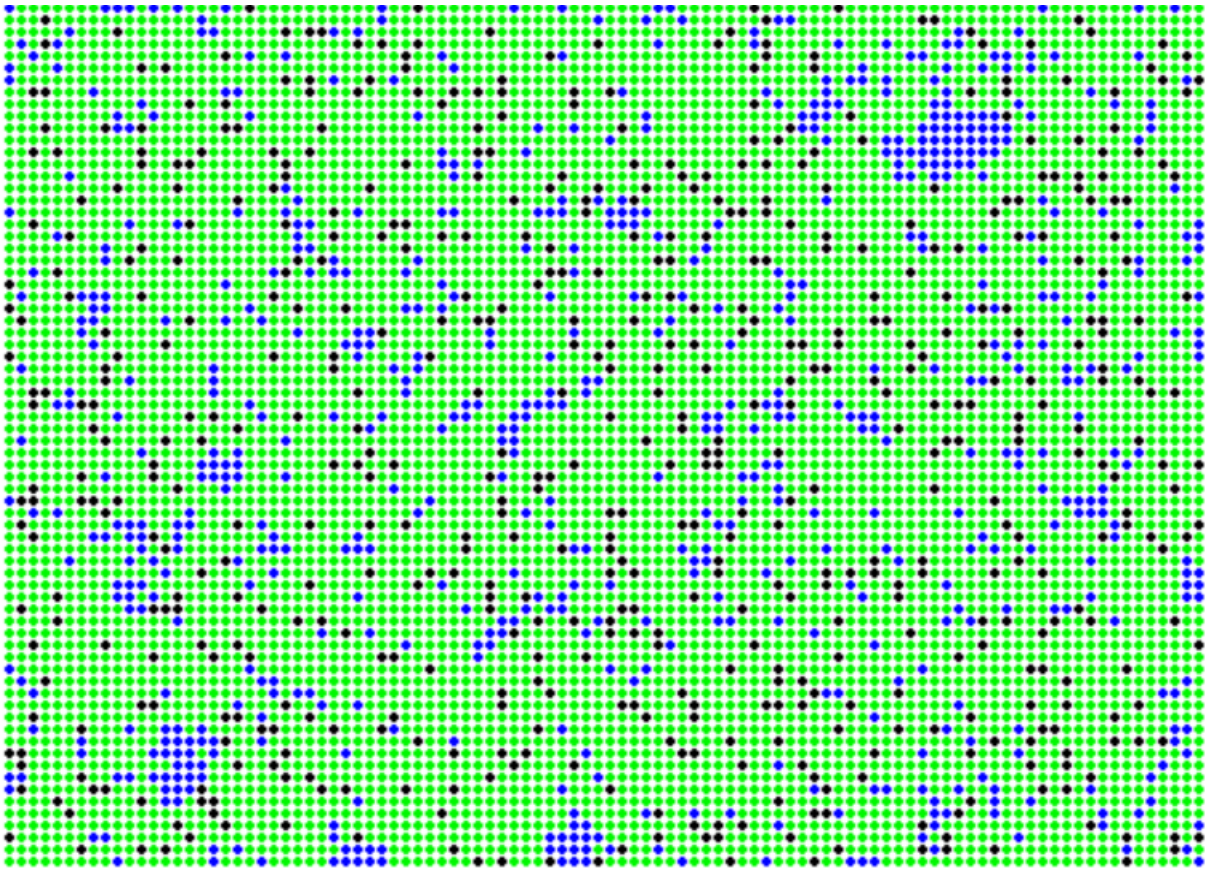
```
                        neighbour = get_vecinos(x, y) #Obtenemos los vecinos a contagiar
                        x2 = neighbour[0]
                        y2 = neighbour[1]
                        neigh_state = states[x2][y2]
                        if neigh_state == 0: #Verifico que este sano
                            states_temp[x2][y2] = 10 # Contagia
        states = states_temp.copy()
        total_muerte = contar_muertes() # contar el numero de muertos

    pygame.draw.rect(display, WHITE, (250, 30, 260, 50)) # Grafico el fondo
    textsurface = font.render("Total muertes: "+ str(total_muerte), False, (255,160,122)) #El numer
o de muertos
    display.blit(textsurface, (200, 30)) # Graficar el texto de muertes
    #Graficar el estado del paciente matriz
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == 0:
                color = BLUE # No infectado
            if states[x][y] == 1:
                color = GREEN # Recupero
            if states[x][y] >= 10:
                color = (states[x][y] * 12, 50, 50) # Injectado - Rojo
            if states[x][y] == -1:
                color = BLACK # Muerto
            pygame.draw.circle(display, color, (50 + x * 5 + 8, 50 + y * 5 + 8), 2)
            pygame.draw.rect(display, WHITE, (100 + x * 12 + 3, 100 + y * 12 + 4, 1, 1))
    #Escuachar los eventos del teclado
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_ESCAPE: #Presiona y Escape
            pygame.quit() #Termino simulacion
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_SPACE: #Presiona y espacio
            #Reiniciamos valores
            states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
            states_temp = states.copy()
            states[randrange(100)][randrange(100)] = 10
            it = 0
            total_muerte = 0
            vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

    pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana
```

Modelo SIR actual al dia 17 de abril



Simulacion actual al dia 17 de abril





2. Predecir que va a ocurrir la proxima semana.

In [2]:

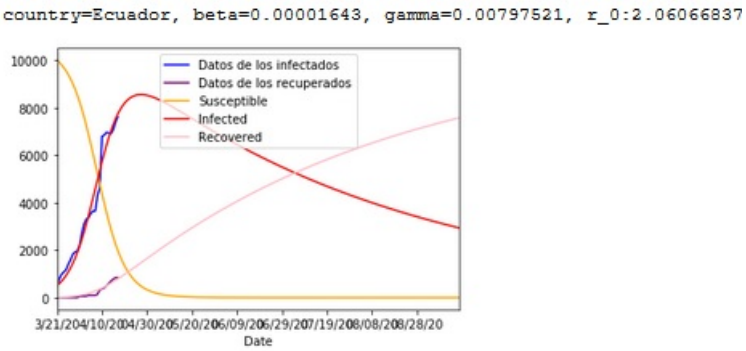
```
#R0 obtenidos de la prediccion del SIR (Trabajo anterior)
from random import randrange # Obtener un numero randomico
import pygame

#Parametros de inicios
PROBA_MUERTE = 8.4  # Probabilidad de que la gente muera COVID
CONTAGION_RATE = 2.06 # Factor R0 para la simulacion COVID probabilidad
PROBA_INFECT = CONTAGION_RATE * 10
PROBA_VACU = 0 # Probabilidad de que exista una vacuna, COVID = 0
SIMULACION_SPEED = 25 # Tiempo de un dia en milisegundos (Cada 25 es un dia)
nb_rows = 100#205 #Numero de filas
nb_cols = 100#100 #Numero de columnas

global display, myfont, states, states_temp #Declaracion de variables globales

#Declaro colores en formato RGB
WHITE = (255, 255, 255)
BLUE = (0, 0, 255)
GREEN = (0, 247, 0)
BLACK = (0, 0, 0)

#Obtiene los vecinos dado un punto x,y
def get_vecinos(x, y):
    incx = randrange(3)
    incy = randrange(3)
    incx = (incx * 1) - 1
    incy = (incy * 1) - 1
    x2 = x + incx
    y2 = y + incy
    #Validar limites
    if x2 < 0:
        x2 = 0
    if x2 >= nb_cols:
        x2 = nb_cols - 1
    if y2 < 0:
        y2 = 0
    if y2 >= nb_rows:
        y2 = nb_rows - 1
```

```
    return [x2, y2] # Nuevos contagiados

#Genero las personas que cuentan con inmunidad o vacuna
def vacunar():
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if randrange(99) < PROBA_VACU:
                states[x][y] = 1

#Funcion que permite contar el numero de muertosde la matriz states == -1
def contar_muertes():
    contador = 0
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == -1:
                contador +=  1
    return contador

#Definimos datos de inicio
states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
states_temp = states.copy()
states[randrange(100)][randrange(100)] = 10 # Estado inicial de la simulacion Posicion del
Infectado
it = 0 # Variable para contar las Iteraciones
total_muerte = 0 # Contabiliza el numero de muertos
vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

pygame.init() #Incializo el motor de juegos pygame
pygame.font.init() #Inicializo el tipo de letra
display=pygame.display.set_mode((650,600),0,32) #Tamanio de la ventana
pygame.display.set_caption("Simulacion de Epidemia Covid-19 Ecuador")# Titulo
font=pygame.font.SysFont('Calibri', 20) # Tipo de letra
display.fill(WHITE) # Color de fondo

while True:
    pygame.time.delay(SIMULACION_SPEED) # Sleep o pausa
    it = it + 1
    if it <= 10000 and it >= 2:
        states_temp = states.copy() #Copia de la matriz
        #Recorrera la matriz
        for x in range(nb_cols):
            for y in range(nb_rows):
                state = states[x][y]
                if state == -1:
                    pass
                if state >= 10: # Numero de dias de contagio
                    states_temp[x][y] = state + 1
                if state >= 20:
                    if randrange(99) < PROBA_MUERTE: # Genero un randomico para verificar si
fallece o se recupera
                        states_temp[x][y] = -1 # Muere
                    else:
                        states_temp[x][y] = 1 # Cura o recupera
                if state >= 10 and state <= 20: # Rango de infectado
                    if randrange(99) < PROBA_INFECT: # Infecto a las personas cercanas entre  10 y
20
                        neighbour = get_vecinos(x, y) #Obtenemos los vecinos a contagiar
                        x2 = neighbour[0]
                        y2 = neighbour[1]
                        neigh_state = states[x2][y2]
                        if neigh_state == 0: #Verifico que este sano
                            states_temp[x2][y2] = 10 # Contagia
        states = states_temp.copy()
        total_muerte = contar_muertes() # contar el numero de muertos

    pygame.draw.rect(display, WHITE, (250, 30, 260, 50)) # Grafico el fondo
    textsurface = font.render("Total muertes: "+ str(total_muerte), False, (255,160,122)) #El numer
o de muertos
    display.blit(textsurface, (200, 30)) # Graficar el texto de muertes
    #Graficar el estado del paciente matriz
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == 0:
                color = BLUE # No infectado
            if states[x][y] == 1:
                color = GREEN # Recupero
            if states[x][y] >= 10:
```

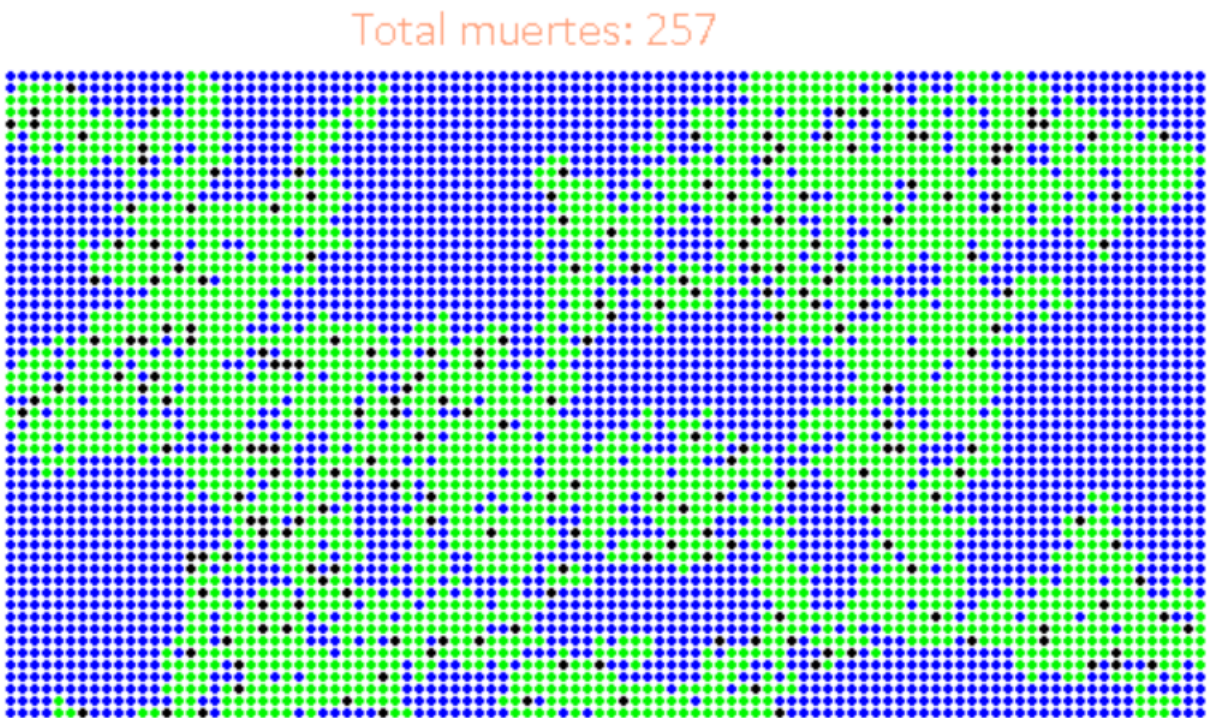
```
                color = (states[x][y] * 12, 50, 50) # Injectado - Rojo
            if states[x][y] == -1:
                color = BLACK # Muerto
            pygame.draw.circle(display, color, (50 + x * 5 + 8, 50 + y * 5 + 8), 2)
            pygame.draw.rect(display, WHITE, (100 + x * 12 + 3, 100 + y * 12 + 4, 1, 1))
    #Escuachar los eventos del teclado
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_ESCAPE: #Presiona y Escape
            pygame.quit() #Termino simulacion
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_SPACE: #Presiona y espacio
            #Reiniciamos valores
            states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
            states_temp = states.copy()
            states[randrange(100)][randrange(100)] = 10
            it = 0
            total_muerte = 0
            vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

    pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana
```

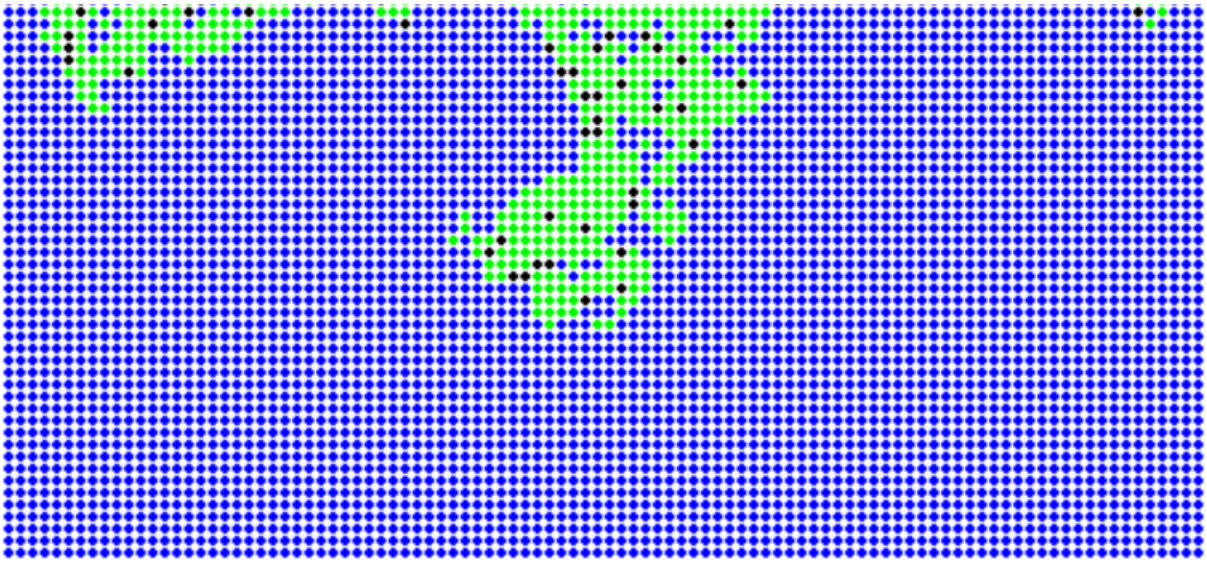
```
---------------------------------------------------------------------------
error                                     Traceback (most recent call last)
<ipython-input-2-cff69f80ab87> in <module>
    128             vacunar() #Llamar a la funcion vacunar
    129
--> 130     pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana

error: video system not initialized
```

Modelo SIR con prediccion a una semana



Simulacion con prediccion a una semana





3. El valor 4, el cual representaría el peor de los casos.

In [4]:

```
#R0 obtenidos de la prediccion del SIR (Trabajo anterior)
from random import randrange # Obtener un numero randomico
import pygame

#Parametros de inicios
PROBA_MUERTE = 8.4  # Probabilidad de que la gente muera COVID
CONTAGION_RATE = 4.0 # Factor R0 para la simulacion COVID probabilidad
PROBA_INFECT = CONTAGION_RATE * 10
PROBA_VACU = 0 # Probabilidad de que exista una vacuna, COVID = 0
SIMULACION_SPEED = 25 # Tiempo de un dia en milisegundos (Cada 25 es un dia)
nb_rows = 100#205 #Numero de filas
nb_cols = 100#100 #Numero de columnas

global display, myfont, states, states_temp #Declaracion de variables globales

#Declaro colores en formato RGB
WHITE = (255, 255, 255)
BLUE = (0, 0, 255)
GREEN = (0, 247, 0)
BLACK = (0, 0, 0)

#Obtiene los vecinos dado un punto x,y
def get_vecinos(x, y):
    incx = randrange(3)
    incy = randrange(3)
    incx = (incx * 1) - 1
    incy = (incy * 1) - 1
    x2 = x + incx
    y2 = y + incy
    #Validar limites
    if x2 < 0:
        x2 = 0
    if x2 >= nb_cols:
        x2 = nb_cols - 1
    if y2 < 0:
        y2 = 0
    if y2 >= nb_rows:
        y2 = nb_rows - 1
    return [x2, y2] # Nuevos contagiados

#Genero las personas que cuentan con inmunidad o vacuna
def vacunar():
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if randrange(99) < PROBA_VACU:
                states[x][y] = 1

#Funcion que permite contar el numero de muertosde la matriz states == -1
def contar_muertes():
```

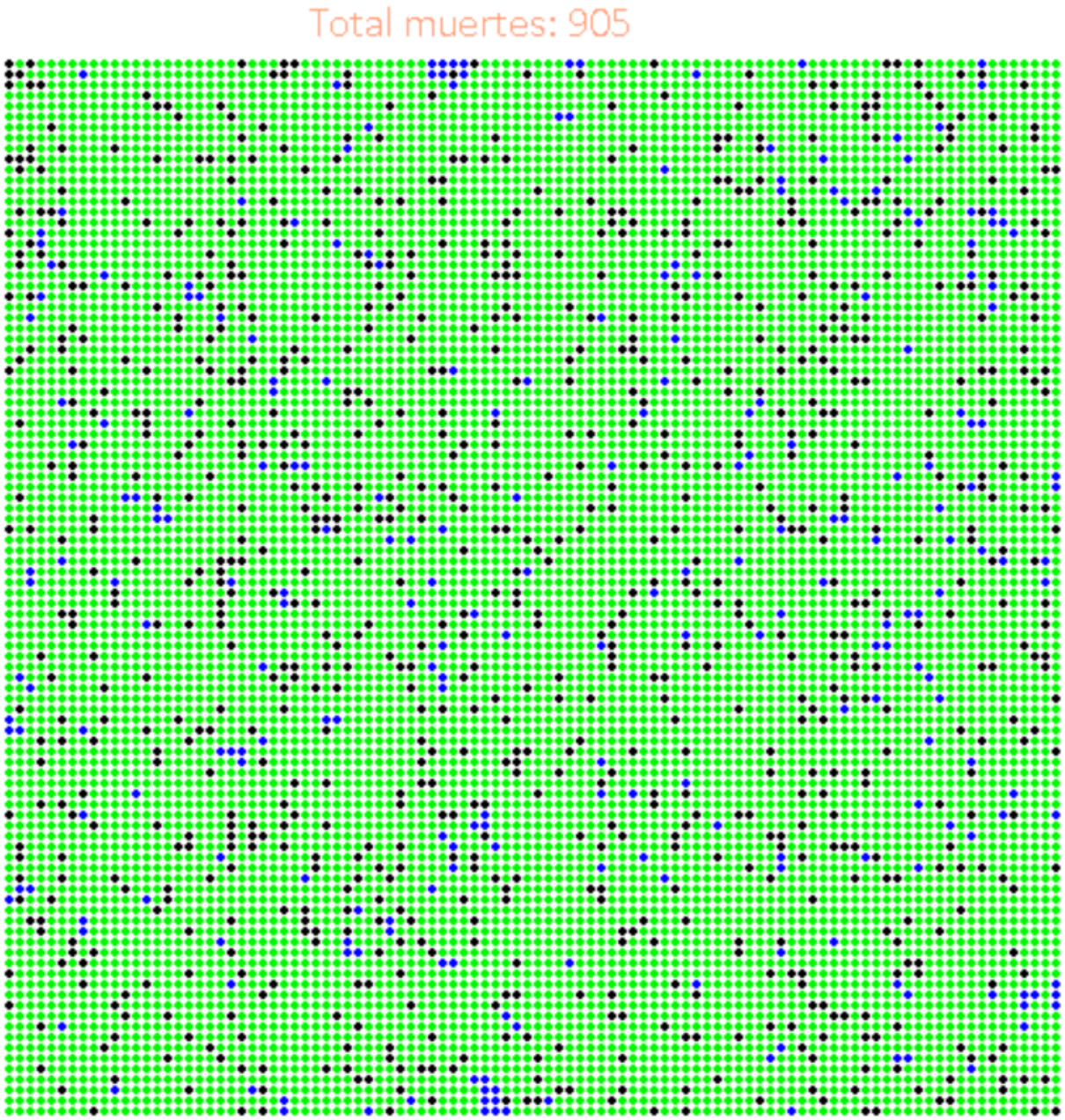
```
    contador = 0
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == -1:
                contador +=  1
    return contador

#Definimos datos de inicio
states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
states_temp = states.copy()
states[randrange(50)][randrange(50)] = 10 # Estado inicial de la simulacion Posicion del Infectado
it = 0 # Variable para contar las Iteraciones
total_muerte = 0 # Contabiliza el numero de muertos
vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

pygame.init() #Incializo el motor de juegos pygame
pygame.font.init() #Inicializo el tipo de letra
display=pygame.display.set_mode((650,600),0,32) #Tamanio de la ventana
pygame.display.set_caption("Simulacion de Epidemia Covid-19 Ecuador")# Titulo
font=pygame.font.SysFont('Calibri', 20) # Tipo de letra
display.fill(WHITE) # Color de fondo

while True:
    pygame.time.delay(SIMULACION_SPEED) # Sleep o pausa
    it = it + 1
    if it <= 10000 and it >= 2:
        states_temp = states.copy() #Copia de la matriz
        #Recorrera la matriz
        for x in range(nb_cols):
            for y in range(nb_rows):
                state = states[x][y]
                if state == -1:
                    pass
                if state >= 10: # Numero de dias de contagio
                    states_temp[x][y] = state + 1
                if state >= 20:
                    if randrange(99) < PROBA_MUERTE: # Genero un randomico para verificar si
fallece o se recupera
                        states_temp[x][y] = -1 # Muere
                    else:
                        states_temp[x][y] = 1 # Cura o recupera
                if state >= 10 and state <= 20: # Rango de infectado
                    if randrange(99) < PROBA_INFECT: # Infecto a las personas cercanas entre  10 y
20
                        neighbour = get_vecinos(x, y) #Obtenemos los vecinos a contagiar
                        x2 = neighbour[0]
                        y2 = neighbour[1]
                        neigh_state = states[x2][y2]
                        if neigh_state == 0: #Verifico que este sano
                            states_temp[x2][y2] = 10 # Contagia
        states = states_temp.copy()
        total_muerte = contar_muertes() # contar el numero de muertos

    pygame.draw.rect(display, WHITE, (250, 30, 260, 50)) # Grafico el fondo
    textsurface = font.render("Total muertes: "+ str(total_muerte), False, (255,160,122)) #El numer
o de muertos
    display.blit(textsurface, (200, 30)) # Graficar el texto de muertes
    #Graficar el estado del paciente matriz
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == 0:
                color = BLUE # No infectado
            if states[x][y] == 1:
                color = GREEN # Recupero
            if states[x][y] >= 10:
                color = (states[x][y] * 12, 50, 50) # Injectado - Rojo
            if states[x][y] == -1:
                color = BLACK # Muerto
            pygame.draw.circle(display, color, (50 + x * 5 + 8, 50 + y * 5 + 8), 2)
            pygame.draw.rect(display, WHITE, (100 + x * 12 + 3, 100 + y * 12 + 4, 1, 1))
    #Escuachar los eventos del teclado
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_ESCAPE: #Presiona y Escape
            pygame.quit() #Termino simulacion
            print('Total muertes',contar_muertes())
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_SPACE: #Presiona y espacio
            #Reiniciamos valores
```

```
            states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
            states_temp = states.copy()
            states[randrange(100)][randrange(100)] = 10
            it = 0
            total_muerte = 0
            vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

    pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana
```

```
Total muertes 905
```

```
---------------------------------------------------------------------------
error                                     Traceback (most recent call last)
<ipython-input-4-ee2382ea3dc5> in <module>
    129             vacunar() #Llamar a la funcion vacunar
    130
--> 131     pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana

error: video system not initialized
```

Simulacion con r0 = 4, que seria el peor de los casos



4. El valor 1.4 en el mejor de los casos

In [1]:

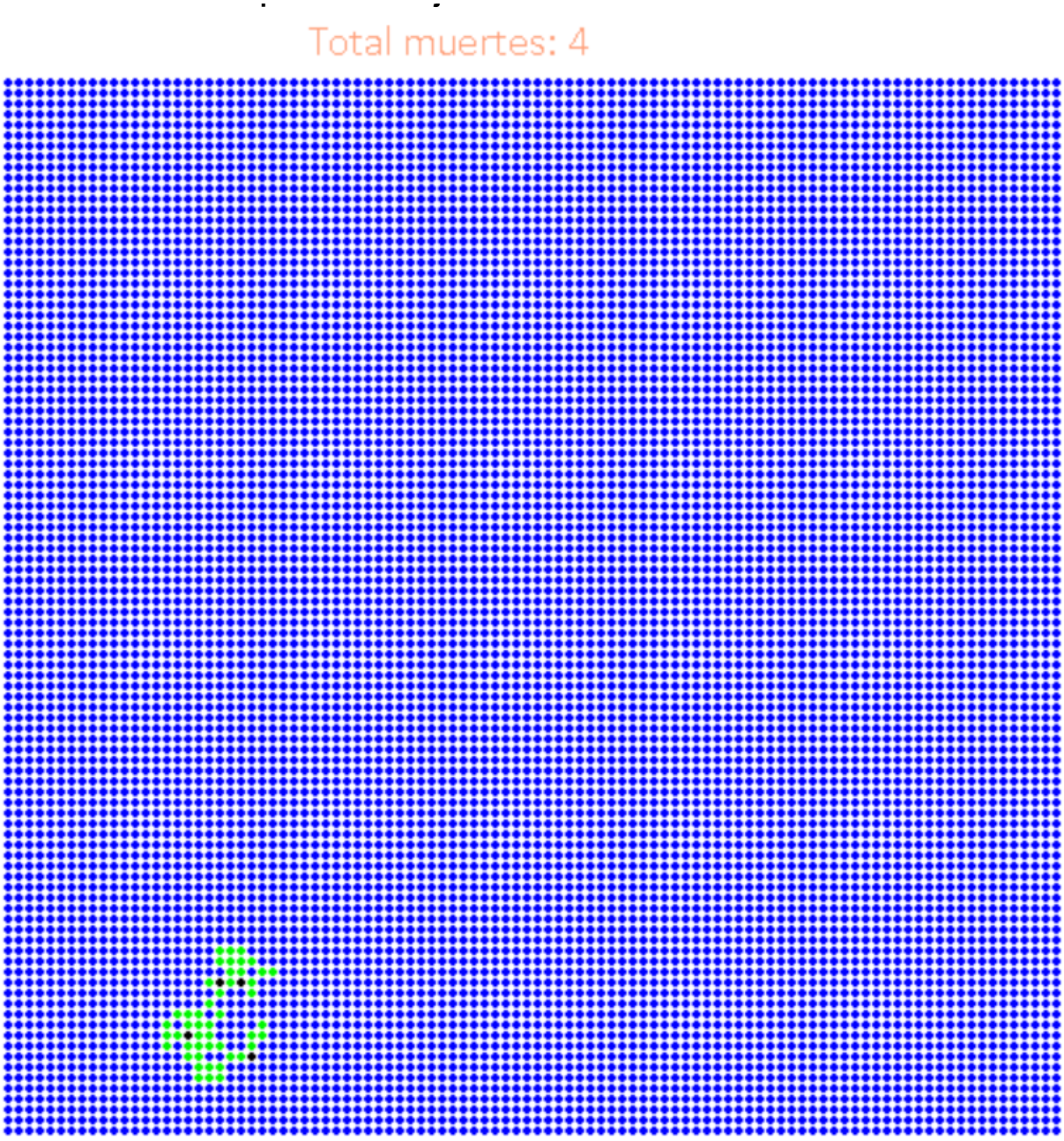
```
#R0 obtenidos de la prediccion del SIR (Trabajo anterior)
from random import randrange # Obtener un numero randomico
import pygame

#Parametros de inicios
PROBA_MUERTE = 8.4  # Probabilidad de que la gente muera COVID
CONTAGION_RATE = 1.4 # Factor R0 para la simulacion COVID probabilidad
PROBA_INFECT = CONTAGION_RATE * 10
PROBA_VACU = 0 # Probabilidad de que exista una vacuna, COVID = 0
SIMULACION_SPEED = 25 # Tiempo de un dia en milisegundos (Cada 25 es un dia)
nb_rows = 100#205 #Numero de filas
nb_cols = 100#100 #Numero de columnas

global display, myfont, states, states_temp #Declaracion de variables globales

#Declaro colores en formato RGB
WHITE = (255, 255, 255)
BLUE = (0, 0, 255)
GREEN = (0, 247, 0)
BLACK = (0, 0, 0)

#Obtiene los vecinos dado un punto x,y
def get_vecinos(x, y):
    incx = randrange(3)
    incy = randrange(3)
    incx = (incx * 1) - 1
    incy = (incy * 1) - 1
    x2 = x + incx
    y2 = y + incy
    #Validar limites
    if x2 < 0:
        x2 = 0
    if x2 >= nb_cols:
        x2 = nb_cols - 1
    if y2 < 0:
        y2 = 0
    if y2 >= nb_rows:
        y2 = nb_rows - 1
    return [x2, y2] # Nuevos contagiados

#Genero las personas que cuentan con inmunidad o vacuna
def vacunar():
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if randrange(99) < PROBA_VACU:
                states[x][y] = 1

#Funcion que permite contar el numero de muertosde la matriz states == -1
def contar_muertes():
    contador = 0
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == -1:
                contador +=  1
    return contador

#Definimos datos de inicio
states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
states_temp = states.copy()
states[randrange(100)][randrange(100)] = 10 # Estado inicial de la simulacion Posicion del
Infectado
it = 0 # Variable para contar las Iteraciones
total_muerte = 0 # Contabiliza el numero de muertos
vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

pygame.init() #Incializo el motor de juegos pygame
pygame.font.init() #Inicializo el tipo de letra
display=pygame.display.set_mode((650,600),0,32) #Tamanio de la ventana
pygame.display.set_caption("Simulacion de Epidemia Covid-19 Ecuador")# Titulo
font=pygame.font.SysFont('Calibri', 20) # Tipo de letra
display.fill(WHITE) # Color de fondo

while True:
    pygame.time.delay(SIMULACION_SPEED) # Sleep o pausa
    it = it + 1
```

```
    if it <= 10000 and it >= 2:
        states_temp = states.copy() #Copia de la matriz
        #Recorrera la matriz
        for x in range(nb_cols):
            for y in range(nb_rows):
                state = states[x][y]
                if state == -1:
                    pass
                if state >= 10: # Numero de dias de contagio
                    states_temp[x][y] = state + 1
                if state >= 20:
                    if randrange(99) < PROBA_MUERTE: # Genero un randomico para verificar si
fallece o se recupera
                        states_temp[x][y] = -1 # Muere
                    else:
                        states_temp[x][y] = 1 # Cura o recupera
                if state >= 10 and state <= 20: # Rango de infectado
                    if randrange(99) < PROBA_INFECT: # Infecto a las personas cercanas entre  10 y
20
                        neighbour = get_vecinos(x, y) #Obtenemos los vecinos a contagiar
                        x2 = neighbour[0]
                        y2 = neighbour[1]
                        neigh_state = states[x2][y2]
                        if neigh_state == 0: #Verifico que este sano
                            states_temp[x2][y2] = 10 # Contagia
        states = states_temp.copy()
        total_muerte = contar_muertes() # contar el numero de muertos

    pygame.draw.rect(display, WHITE, (250, 30, 260, 50)) # Grafico el fondo
    textsurface = font.render("Total muertes: "+ str(total_muerte), False, (255,160,122)) #El numer
o de muertos
    display.blit(textsurface, (200, 30)) # Graficar el texto de muertes
    #Graficar el estado del paciente matriz
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == 0:
                color = BLUE # No infectado
            if states[x][y] == 1:
                color = GREEN # Recupero
            if states[x][y] >= 10:
                color = (states[x][y] * 12, 50, 50) # Injectado - Rojo
            if states[x][y] == -1:
                color = BLACK # Muerto
            pygame.draw.circle(display, color, (50 + x * 5 + 8, 50 + y * 5 + 8), 2)
            pygame.draw.rect(display, WHITE, (100 + x * 12 + 3, 100 + y * 12 + 4, 1, 1))
    #Escuachar los eventos del teclado
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_ESCAPE: #Presiona y Escape
            pygame.quit() #Termino simulacion
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_SPACE: #Presiona y espacio
            #Reiniciamos valores
            states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
            states_temp = states.copy()
            states[randrange(100)][randrange(100)] = 10
            it = 0
            total_muerte = 0
            vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

    pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana
```

```
pygame 1.9.6
Hello from the pygame community. https://www.pygame.org/contribute.html
```

```
---------------------------------------------------------------------------
error                                     Traceback (most recent call last)
<ipython-input-1-e88a3a8e5bda> in <module>
    128             vacunar() #Llamar a la funcion vacunar
    129
--> 130     pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana

error: video system not initialized
```

Simulacion con r0 = 1.4 que seria el mejor de los casos



5. R0 con las medidas realizadas por el Ecuador, obtenemos el R0 solo de los dias sin cuarentena y lo evaluan con los las acciones de la cuarentena.

R0 sin medidas de cuarentena del 1 de marzo que se detecto el primer caso positivo, al 15 de marzo del 2020

In [1]:

```
#R0 obtenidos de la prediccion del SIR (Trabajo anterior)
from random import randrange # Obtener un numero randomico
import pygame

#Parametros de inicios
PROBA_MUERTE = 8.4  # Probabilidad de que la gente muera COVID
CONTAGION_RATE = 227.39 # Factor R0 para la simulacion COVID probabilidad
PROBA_INFECT = CONTAGION_RATE * 10
PROBA_VACU = 0 # Probabilidad de que exista una vacuna, COVID = 0
SIMULACION_SPEED = 25 # Tiempo de un dia en milisegundos (Cada 25 es un dia)
nb_rows = 100#205 #Numero de filas
nb_cols = 100#100 #Numero de columnas

global display, myfont, states, states_temp #Declaracion de variables globales
```

```
#Declaro colores en formato RGB
WHITE = (255, 255, 255)
BLUE = (0, 0, 255)
GREEN = (0, 247, 0)
BLACK = (0, 0, 0)

#Obtiene los vecinos dado un punto x,y
def get_vecinos(x, y):
    incx = randrange(3)
    incy = randrange(3)
    incx = (incx * 1) - 1
    incy = (incy * 1) - 1
    x2 = x + incx
    y2 = y + incy
    #Validar limites
    if x2 < 0:
        x2 = 0
    if x2 >= nb_cols:
        x2 = nb_cols - 1
    if y2 < 0:
        y2 = 0
    if y2 >= nb_rows:
        y2 = nb_rows - 1
    return [x2, y2] # Nuevos contagiados

#Genero las personas que cuentan con inmunidad o vacuna
def vacunar():
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if randrange(99) < PROBA_VACU:
                states[x][y] = 1

#Funcion que permite contar el numero de muertosde la matriz states == -1
def contar_muertes():
    contador = 0
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == -1:
                contador +=  1
    return contador

#Definimos datos de inicio
states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
states_temp = states.copy()
states[randrange(50)][randrange(50)] = 10 # Estado inicial de la simulacion Posicion del Infectado
it = 0 # Variable para contar las Iteraciones
total_muerte = 0 # Contabiliza el numero de muertos
vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

pygame.init() #Incializo el motor de juegos pygame
pygame.font.init() #Inicializo el tipo de letra
display=pygame.display.set_mode((650,600),0,32) #Tamanio de la ventana
pygame.display.set_caption("Simulacion de Epidemia Covid-19 Ecuador")# Titulo
font=pygame.font.SysFont('Calibri', 20) # Tipo de letra
display.fill(WHITE) # Color de fondo

while True:
    pygame.time.delay(SIMULACION_SPEED) # Sleep o pausa
    it = it + 1
    if it <= 10000 and it >= 2:
        states_temp = states.copy() #Copia de la matriz
        #Recorrera la matriz
        for x in range(nb_cols):
            for y in range(nb_rows):
                state = states[x][y]
                if state == -1:
                    pass
                if state >= 10: # Numero de dias de contagio
                    states_temp[x][y] = state + 1
                if state >= 20:
                    if randrange(99) < PROBA_MUERTE: # Genero un randomico para verificar si
fallece o se recupera
                        states_temp[x][y] = -1 # Muere
                    else:
                        states_temp[x][y] = 1 # Cura o recupera
                if state >= 10 and state <= 20: # Rango de infectado
```

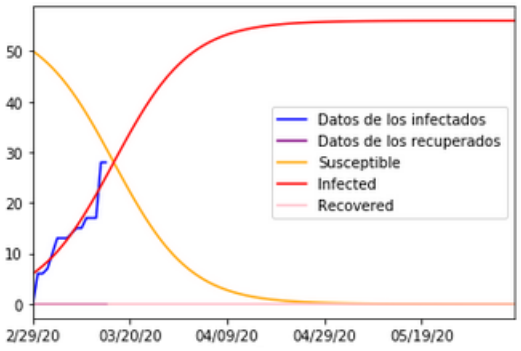
```
                    if randrange(99) < PROBA_INFECT: # Infecto a las personas cercanas entre  10 y
20
                        neighbour = get_vecinos(x, y) #Obtenemos los vecinos a contagiar
                        x2 = neighbour[0]
                        y2 = neighbour[1]
                        neigh_state = states[x2][y2]
                        if neigh_state == 0: #Verifico que este sano
                            states_temp[x2][y2] = 10 # Contagia
        states = states_temp.copy()
        total_muerte = contar_muertes() # contar el numero de muertos

    pygame.draw.rect(display, WHITE, (250, 30, 260, 50)) # Grafico el fondo
    textsurface = font.render("Total muertes: "+ str(total_muerte), False, (255,160,122)) #El numer
o de muertos
    display.blit(textsurface, (200, 30)) # Graficar el texto de muertes
    #Graficar el estado del paciente matriz
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == 0:
                color = BLUE # No infectado
            if states[x][y] == 1:
                color = GREEN # Recupero
            if states[x][y] >= 10:
                color = (states[x][y] * 12, 50, 50) # Injectado - Rojo
            if states[x][y] == -1:
                color = BLACK # Muerto
            pygame.draw.circle(display, color, (50 + x * 5 + 8, 50 + y * 5 + 8), 2)
            pygame.draw.rect(display, WHITE, (100 + x * 12 + 3, 100 + y * 12 + 4, 1, 1))
    #Escuachar los eventos del teclado
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_ESCAPE: #Presiona y Escape
            pygame.quit() #Termino simulacion
            print('Total muertes',contar_muertes())
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_SPACE: #Presiona y espacio
            #Reiniciamos valores
            states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
            states_temp = states.copy()
            states[randrange(100)][randrange(100)] = 10
            it = 0
            total_muerte = 0
            vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

    pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana
```

```
pygame 1.9.6
Hello from the pygame community. https://www.pygame.org/contribute.html
Total muertes 966
```

```
---------------------------------------------------------------------------
error                                     Traceback (most recent call last)
<ipython-input-1-404f40c2f9d5> in <module>
    129             vacunar() #Llamar a la funcion vacunar
    130
--> 131     pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana

error: video system not initialized
```

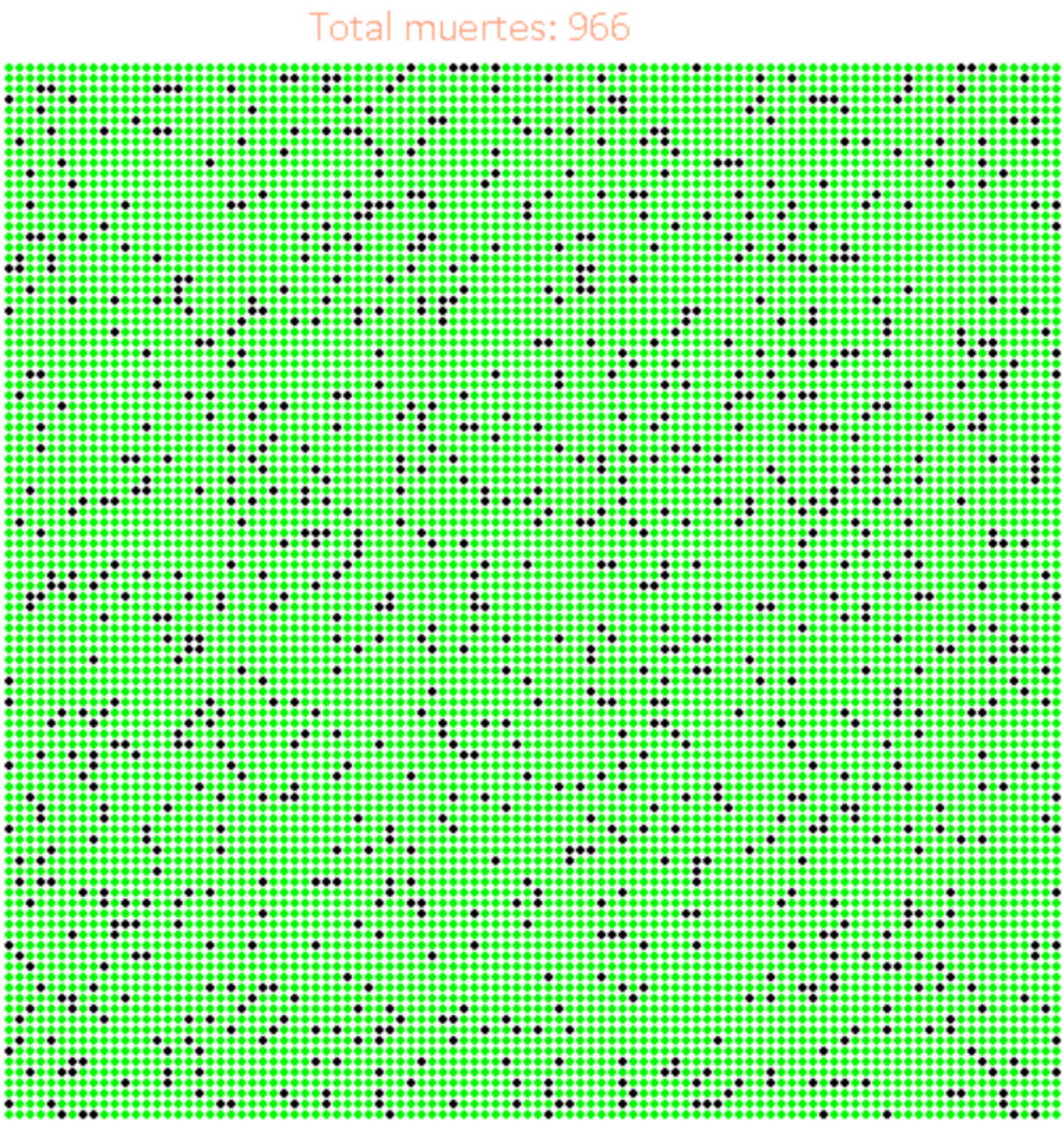
Modelo SIR sin cuarentena

country=Ecuador, beta=0.00227397, gamma=0.00000001, r_0:227.39731307



Date

Simulacion sin cuarentena



R0 con cuarentena, empieza el 16 de marzo del 2020

In [2]:

```
#R0 obtenidos de la prediccion del SIR (Trabajo anterior)
from random import randrange # Obtener un numero randomico
import pygame

#Parametros de inicios
PROBA_MUERTE = 8.4  # Probabilidad de que la gente muera COVID
CONTAGION_RATE = 2.62 # Factor R0 para la simulacion COVID probabilidad
PROBA_INFECT = CONTAGION_RATE * 10
PROBA_VACU = 0 # Probabilidad de que exista una vacuna, COVID = 0
SIMULACION_SPEED = 25 # Tiempo de un dia en milisegundos (Cada 25 es un dia)
nb_rows = 100#205 #Numero de filas
nb_cols = 100#100 #Numero de columnas

global display, myfont, states, states_temp #Declaracion de variables globales

#Declaro colores en formato RGB
WHITE = (255, 255, 255)
BLUE = (0, 0, 255)
GREEN = (0, 247, 0)
```

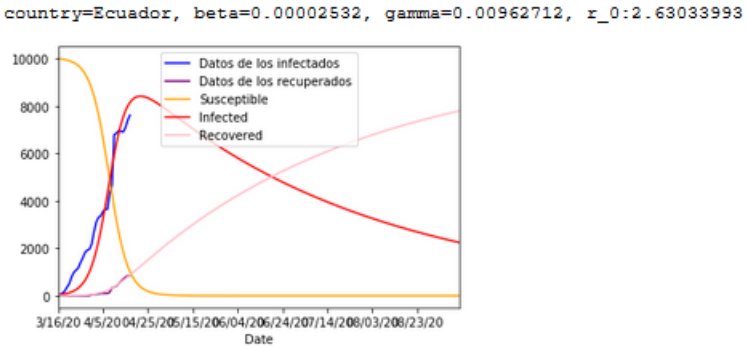
```
BLACK = (0, 0, 0)

#Obtiene los vecinos dado un punto x,y
def get_vecinos(x, y):
    incx = randrange(3)
    incy = randrange(3)
    incx = (incx * 1) - 1
    incy = (incy * 1) - 1
    x2 = x + incx
    y2 = y + incy
    #Validar limites
    if x2 < 0:
        x2 = 0
    if x2 >= nb_cols:
        x2 = nb_cols - 1
    if y2 < 0:
        y2 = 0
    if y2 >= nb_rows:
        y2 = nb_rows - 1
    return [x2, y2] # Nuevos contagiados

#Genero las personas que cuentan con inmunidad o vacuna
def vacunar():
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if randrange(99) < PROBA_VACU:
                states[x][y] = 1

#Funcion que permite contar el numero de muertosde la matriz states == -1
def contar_muertes():
    contador = 0
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == -1:
                contador +=  1
    return contador

#Definimos datos de inicio
states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
states_temp = states.copy()
states[randrange(50)][randrange(50)] = 10 # Estado inicial de la simulacion Posicion del Infectado
it = 0 # Variable para contar las Iteraciones
total_muerte = 0 # Contabiliza el numero de muertos
vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

pygame.init() #Incializo el motor de juegos pygame
pygame.font.init() #Inicializo el tipo de letra
display=pygame.display.set_mode((650,600),0,32) #Tamanio de la ventana
pygame.display.set_caption("Simulacion de Epidemia Covid-19 Ecuador")# Titulo
font=pygame.font.SysFont('Calibri', 20) # Tipo de letra
display.fill(WHITE) # Color de fondo

while True:
    pygame.time.delay(SIMULACION_SPEED) # Sleep o pausa
    it = it + 1
    if it <= 10000 and it >= 2:
        states_temp = states.copy() #Copia de la matriz
        #Recorrera la matriz
        for x in range(nb_cols):
            for y in range(nb_rows):
                state = states[x][y]
                if state == -1:
                    pass
                if state >= 10: # Numero de dias de contagio
                    states_temp[x][y] = state + 1
                if state >= 20:
                    if randrange(99) < PROBA_MUERTE: # Genero un randomico para verificar si
fallece o se recupera
                        states_temp[x][y] = -1 # Muere
                    else:
                        states_temp[x][y] = 1 # Cura o recupera
                if state >= 10 and state <= 20: # Rango de infectado
                    if randrange(99) < PROBA_INFECT: # Infecto a las personas cercanas entre  10 y
20
                        neighbour = get_vecinos(x, y) #Obtenemos los vecinos a contagiar
                        x2 = neighbour[0]
                        y2 = neighbour[1]
```

```
                        y2 = neighbour[1]
                        neigh_state = states[x2][y2]
                        if neigh_state == 0: #Verifico que este sano
                            states_temp[x2][y2] = 10 # Contagia
        states = states_temp.copy()
        total_muerte = contar_muertes() # contar el numero de muertos

    pygame.draw.rect(display, WHITE, (250, 30, 260, 50)) # Grafico el fondo
    textsurface = font.render("Total muertes: "+ str(total_muerte), False, (255,160,122)) #El numer
o de muertos
    display.blit(textsurface, (200, 30)) # Graficar el texto de muertes
    #Graficar el estado del paciente matriz
    for x in range(nb_cols):
        for y in range(nb_rows):
            if states[x][y] == 0:
                color = BLUE # No infectado
            if states[x][y] == 1:
                color = GREEN # Recupero
            if states[x][y] >= 10:
                color = (states[x][y] * 12, 50, 50) # Injectado - Rojo
            if states[x][y] == -1:
                color = BLACK # Muerto
            pygame.draw.circle(display, color, (50 + x * 5 + 8, 50 + y * 5 + 8), 2)
            pygame.draw.rect(display, WHITE, (100 + x * 12 + 3, 100 + y * 12 + 4, 1, 1))
    #Escuachar los eventos del teclado
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_ESCAPE: #Presiona y Escape
            pygame.quit() #Termino simulacion
            print('Total muertes',contar_muertes())
        if event.type == pygame.KEYDOWN and event.key == pygame.K_SPACE: #Presiona y espacio
            #Reiniciamos valores
            states = [[0] * nb_cols for i1 in range(nb_rows)]
            states_temp = states.copy()
            states[randrange(100)][randrange(100)] = 10
            it = 0
            total_muerte = 0
            vacunar() #Llamar a la funcion vacunar

    pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana
```

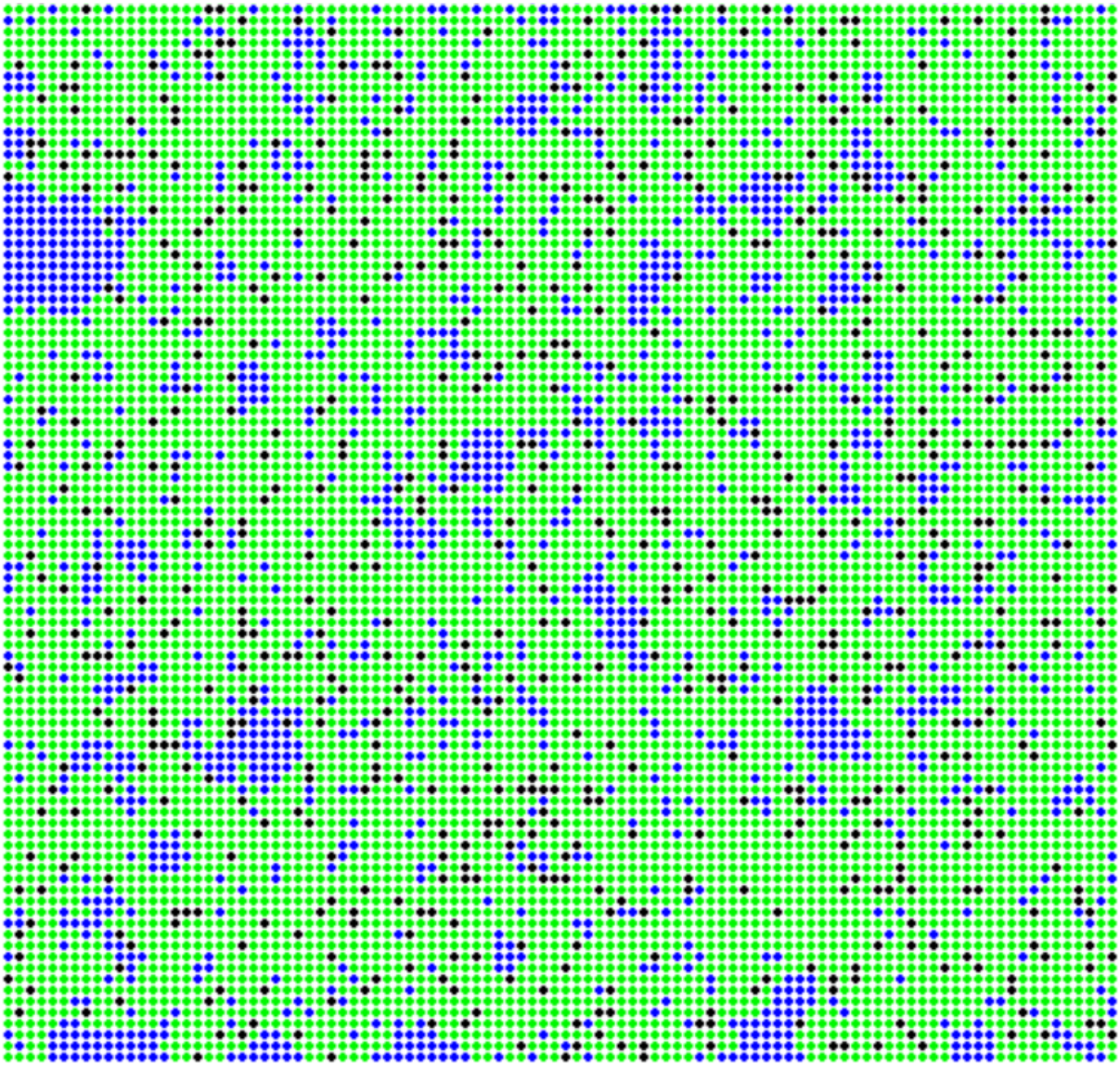
```
Total muertes 746
```

```
---------------------------------------------------------------------------
error                                     Traceback (most recent call last)
<ipython-input-2-376dd9ba3500> in <module>
    129             vacunar() #Llamar a la funcion vacunar
    130
--> 131     pygame.display.update()# Mandar actualizar la ventana

error: video system not initialized
```

Modelo SIR con cuarentena



Simulacion con cuarentena



Comparacion

Como se puede observar las medidas de cuarentena o las medidas tomadas por el Ecuador han dado resultado ya que el factor r0 disminuye no considerablemente, pero si ha disminuido.

Analisis

- El número reproductivo básico (R0), es aquel numero por el cual se estima la velocidad con que una enfermedad puede propagarse en una población.
- Si R0 es menor que 1, entonces la enfermedad va a desaparecer de la población porque en promedio una persona infectada va a contagiar a menos de una persona susceptible. Por otra parte, si R0 es mayor a 1, la enfermedad se va a diseminar.
- El modelo SIR es clave para obtener este valor ya que dicho modelo nos ayuda a encontrar los respectivos valores de beta y gamma, mediante los cuales se obtiene r0 ya que es el resultado de la división entre beta y gamma; una vez que se obtiene r0 se puede determinar el alcance a contagio que tiene y como afectará y las posibles medidas que se tomen.

Conclusiones

- Como se dice en el análisis el factor R0 es muy importante ya que nos dirá que tan contagiosa es alguna enfermedad, ahora en el caso de coronavirus, se puede ver que los factores r0 oscilan entre 2 a 3.
- Como se puede observar en las ultimas gráficas las medidas del gobierno si han ayudado a reducir el factor R0, pero cabe recalcar que estos datos no son 100% reales ya que no se trabaja con toda la poblacion de Ecuador si no solo con un porcentaje del mismo.

Opinion

- Según los datos obtenidos en estas simulaciones, como se puede ver especialemente al final que el tomar la decision de cuarentena obligatoria si ha dado resultados ya que el factor R0 se ha logrado disminuir, en base a esto creo que el estado

cuarentena obligatoria si ha dado resultados ya que el factor R0 se ha logrado disminuir, en base a esto creo que el estado debería mantener esta disposición a mas de tratar de encontrar alternativas nuevas para así tratar de reducir este factor (r0) a 1 o 1.5 que no causaría muchos daños y pérdidas como este virus lo esta haciendo ahora.

Referencias

- http://code.intef.es/simulamos-una-epidemia-virica/