

# Prevalencia

June 11, 2020

## 1 Prevalencia

Vamos a analizar el influjo de la prevalencia, en el devenir de la enfermedad

En epidemiología, se denomina prevalencia a la proporción de individuos de un grupo o una población (en medicina, persona), que presentan una característica o evento determinado (en medicina, enfermedades).

Se define  $R_0$ , como el nº de personas que infecta cada persona, en cada ciclo de infección.

Vamos a generar una lista de tablas y gráficas para ver la evolución del nº de infectados, al variar la prevalencia, y el  $R_0$ .

```
[1]: import numpy as np
import pandas as pd
import time
from datetime import datetime, date, time, timedelta
from IPython.display import display, HTML
import matplotlib.dates as mdates

SITUACION_INICIAL = 1
prevalencia = 0
R0 = 5.7
DIAS_EN_REINFECTAR=5
```

```
[2]: ### Calculamos la capacidad del sistema sanitario.
####Cuanto se tardaria en copar las camas de uci en cada escenario
"""

"Antes de la crisis sanitaria, España disponía de unas 4.500 camas UCI,□
→capacidad que aumentó hasta las 8.000"
Madrid cuenta con 1.750 camas
Cataluña tiene 1.722 camas
Andalucía con 1.200 camas.
Canarias cuenta con 595 camas.
Euskadi con capacidad para 550 camas.
Castilla-León tiene 500 camas.
Aragón con 300 camas.
Castilla-La Mancha cuenta con 300 camas.
Galicia tiene 274 camas.
```

```

Comunidad Valenciana con 254 plazas libres.
Navarra con 156 camas.
Murcia tiene 123 camas.
Balears con 120 camas.
Extremadura cuenta con 100 camas.
Cantabria con 64 camas.
Asturias cuenta con 61 camas.
La Rioja tiene 23 plazas.
TOTAL = 8092
"""

"De los 11.424 pacientes de Covid-19 ingresados en Madrid, según datos del
↳Ministerio de Sanidad, 1.332 están en la UCI, un 11,7%."
"Si para una prevalencia de 10% (750000 personas para la comunidad de madrid)"

# Calculamos la capacidad del sistema sanitario - el nº de enfermos que puede
↳haber antes de que colapse
NUMERO_CAMAS_UCI=8092

PORCENTAJE_ENFERMOS_NECESITADOS_HOSPITALIZACION = 0.088 # https://www.
↳redaccionmedica.com/secciones/sanidad-hoy/
↳coronavirus-en-personal-sanitario-hospitalizacion-en-el-8-8-de-casos-9925
PORCENTAJE_HOSPITALIZADOS_NECESITADOS_UCI = 0.05 #https://www.elperiodico.com/
↳es/sociedad/20200316/coronavirus-hospitalizados-graves-contagio-7891866

CAPACIDAD_SISTEMA_SANITARIO = NUMERO_CAMAS_UCI /
↳PORCENTAJE_ENFERMOS_NECESITADOS_HOSPITALIZACION /
↳PORCENTAJE_HOSPITALIZADOS_NECESITADOS_UCI
CAPACIDAD_SISTEMA_SANITARIO = int(CAPACIDAD_SISTEMA_SANITARIO)

print ("La estimacion de la capacidad del sistema sanitario es " ,
↳CAPACIDAD_SISTEMA_SANITARIO )

```

La estimacion de la capacidad del sistema sanitario es 1839090

```

[3]: def Get_Header(GENERACIONES,df,FECHA_INICIAL_STR = '2020-02-01'):
    array_fechas = []
    FECHA_INICIAL = datetime.strptime(FECHA_INICIAL_STR, "%Y-%m-%d")
    modified_date = FECHA_INICIAL
    NUM_GENERACIONES = range(1,GENERACIONES)
    for generacion in NUM_GENERACIONES:
        modified_date += timedelta(days=DIAS_EN_REINFECTAR)
        array_fechas.append(datetime.strptime(modified_date, "%Y-%m-%d"))
    df.columns = array_fechas
    return df

```

```

def Calcular_Cuadro_Prevalencias(R0, GENERACIONES, ARRAY_PREVALENCIAS,
    ↳SITUACION_INICIAL=1, FECHA_INICIAL_STR = '2020-02-01'):
    diccionario_prevalencias = {}
    array=[]

    for prevalencia in ARRAY_PREVALENCIAS :
        infectados_en_esta_generacion = SITUACION_INICIAL
        NUM_GENERACIONES = range(1, GENERACIONES)
        array=[]
        for generacion in NUM_GENERACIONES:
            infectados_en_esta_generacion = infectados_en_esta_generacion * R0
            ↳* (1-prevalencia)
            array.append(infectados_en_esta_generacion)
            diccionario_prevalencias['prevalencia ' + str("{:.1f}".
            ↳format(prevalencia)) + ' y R0 ' + str(R0)] = array
        df = pd.DataFrame.from_dict(diccionario_prevalencias, 'index')
        df = Get_Header(GENERACIONES, df, FECHA_INICIAL_STR)
        df = df.astype(np.int64)
        return df.T

```

```

[4]: # Auxiliary functions
def interpolate_dataframe(df, freq):
    if freq == 'H':
        rng = pd.date_range(df.index.min(), df.index.max() + pd.Timedelta(23,
            ↳'H'), freq='H')
    elif freq == 'D' :
        rng = pd.date_range(
            datetime.strptime(str(df.index.min())[:10]+' 00:00:00', "%Y-%m-%d
            ↳%H:%M:%S"), ,
            datetime.strptime(str(df.index.max())[:10]+' 00:00:00', "%Y-%m-%d
            ↳%H:%M:%S"),
            freq='D')
        df.index = pd.to_datetime(df.index)
        df2 = df.reindex(rng)
        df = df2
        for column in df.columns :
            s = pd.Series(df[column])
            s.interpolate(method="quadratic", inplace =True)
            df[column] = pd.DataFrame([s]).T
        df.index.name = 'Fecha'
        return df

```

```

[5]: # first execution
GENERACIONES=8
ARRAY_PREVALENCIAS = np.linspace(0,0.70,8)
ARRAY_PREVALENCIAS

```

```
df = □
↳ Calcular_Cuadro_Prevalencias(R0=R0, GENERACIONES=GENERACIONES, ARRAY_PREVALENCIAS=ARRAY_PREVALENCIAS)
df
```

```
[5]:
```

	prevalencia 0.0 y R0 5.7	prevalencia 0.1 y R0 5.7 \
2020-02-06	5	5
2020-02-11	32	26
2020-02-16	185	135
2020-02-21	1055	692
2020-02-26	6016	3552
2020-03-02	34296	18226
2020-03-07	195489	93502

	prevalencia 0.2 y R0 5.7	prevalencia 0.3 y R0 5.7 \
2020-02-06	4	3
2020-02-11	20	15
2020-02-16	94	63
2020-02-21	432	253
2020-02-26	1971	1011
2020-03-02	8990	4034
2020-03-07	40997	16099

	prevalencia 0.4 y R0 5.7	prevalencia 0.5 y R0 5.7 \
2020-02-06	3	2
2020-02-11	11	8
2020-02-16	40	23
2020-02-21	136	65
2020-02-26	467	188
2020-03-02	1600	535
2020-03-07	5472	1527

	prevalencia 0.6 y R0 5.7	prevalencia 0.7 y R0 5.7
2020-02-06	2	1
2020-02-11	5	2
2020-02-16	11	5
2020-02-21	27	8
2020-02-26	61	14
2020-03-02	140	25
2020-03-07	320	42

```
[6]:
```

```
from matplotlib import pyplot as plt
import pandas as pd
import numpy as np

def Get_Chart(df, title="default"):
    fig = plt.figure(figsize=(8, 6), dpi=80)
```

```

for ca in df.columns:
    plt.plot(df[ca])
    plt.legend(df.columns)
    fig.suptitle(title, fontsize=20)
plt.gca().xaxis.set_major_formatter(mdates.DateFormatter('%b-%d'))
plt.gca().xaxis.set_major_locator(mdates.DayLocator(interval=7))
plt.xticks(rotation=45)
return plt

```

```
[7]: from IPython.display import display, HTML
```

```

ARRAY_ROS = [2.7,
             3.7,
             4.7,
             5.7,
             6.7 ]

```

```

for RO in ARRAY_ROS :
    print("Tabla de como varía el nº de infectados, según varía la prevalencia, con RO = " + str(RO))
    df = Calculador_Cuadro_Prevalencias(RO=RO, GENERACIONES=GENERACIONES, ARRAY_PREVALENCIAS=ARRAY_PREVALENCIAS)
    display(HTML (df.to_html()))
    plt = Get_Chart(df=interpolate_dataframe(df, 'D'), title = 'Numero de infecciones por semana, con RO = ' + str(RO))

```

Tabla de como varía el nº de infectados, según varía la prevalencia, con RO = 2.7

<IPython.core.display.HTML object>

Tabla de como varía el nº de infectados, según varía la prevalencia, con RO = 3.7

<IPython.core.display.HTML object>

Tabla de como varía el nº de infectados, según varía la prevalencia, con RO = 4.7

<IPython.core.display.HTML object>

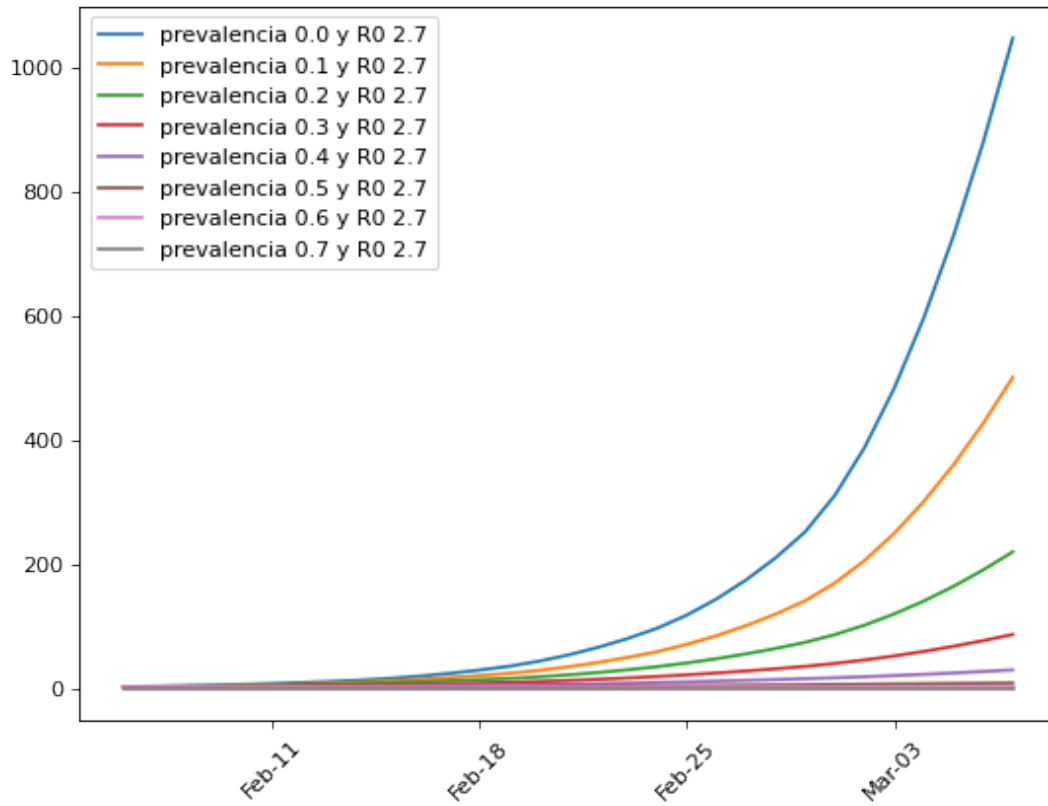
Tabla de como varía el nº de infectados, según varía la prevalencia, con RO = 5.7

<IPython.core.display.HTML object>

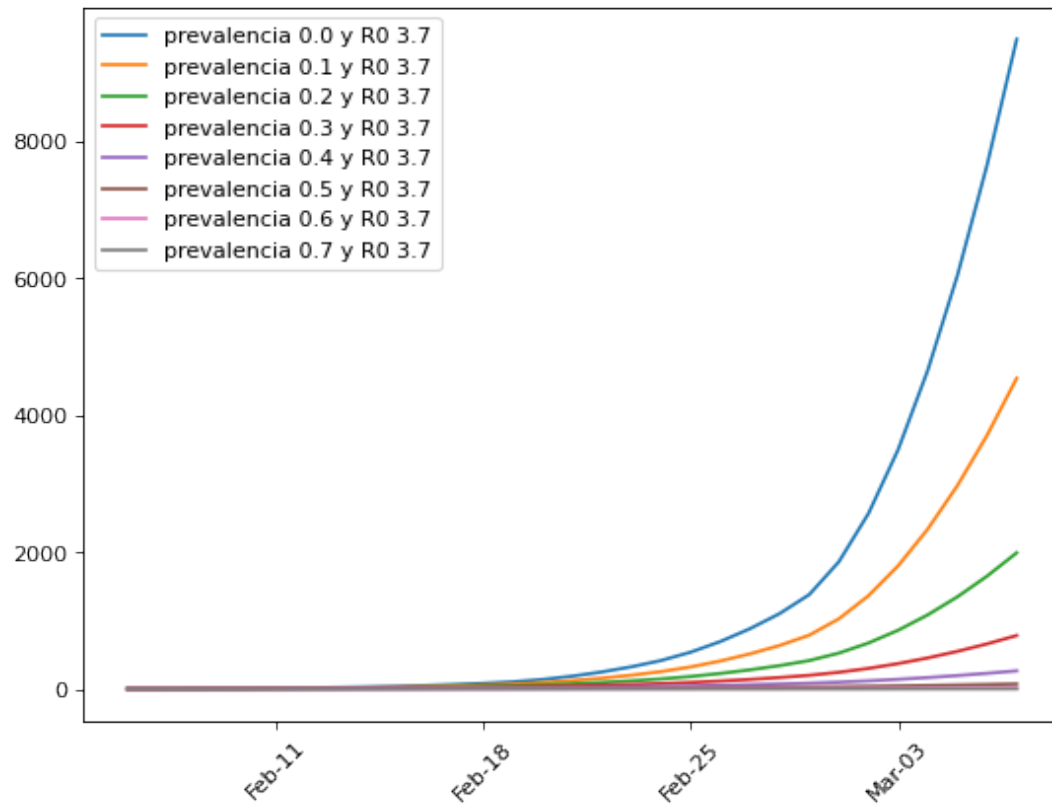
Tabla de como varía el nº de infectados, según varía la prevalencia, con  $R_0 = 6.7$

<IPython.core.display.HTML object>

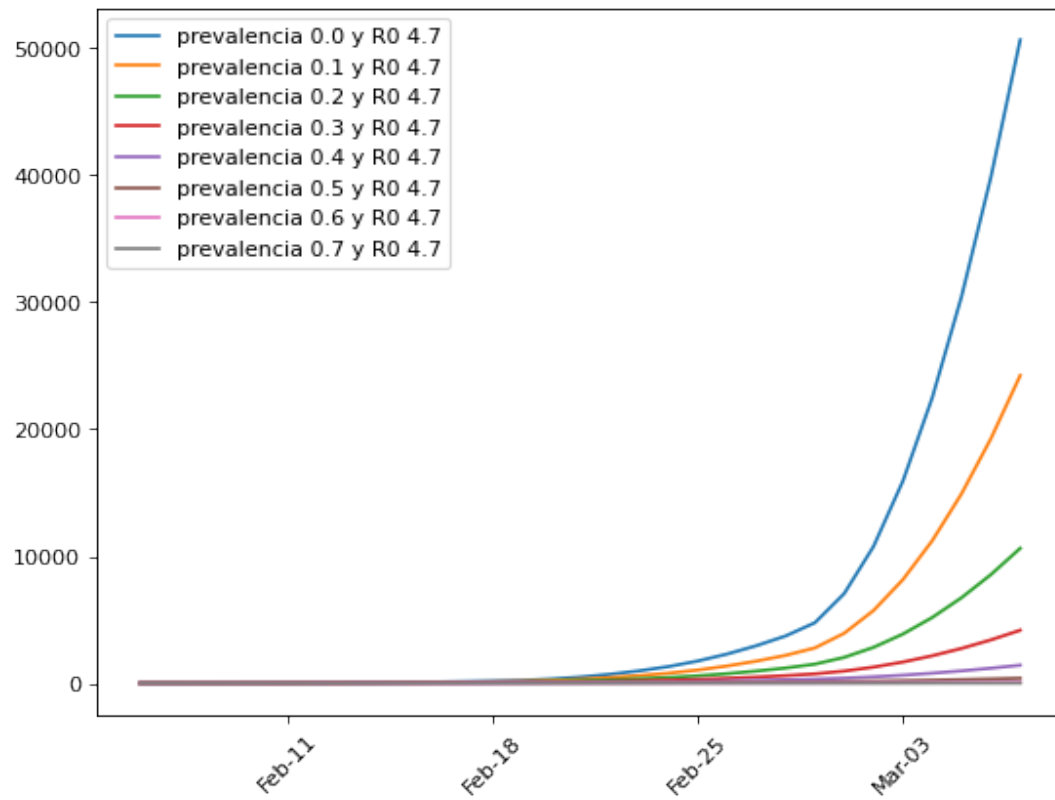
## Numero de infecciones por semana, con $R_0 = 2.7$



## Numero de infecciones por semana, con $R_0 = 3.7$

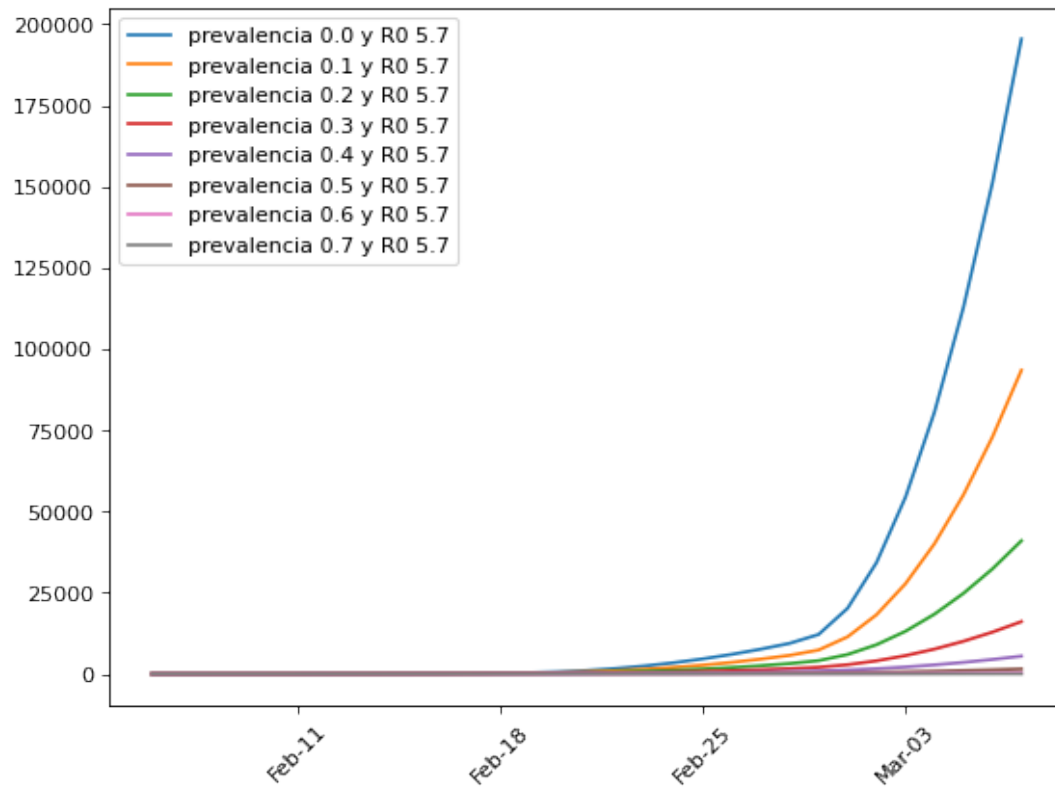


## Numero de infecciones por semana, con $R_0 = 4.7$

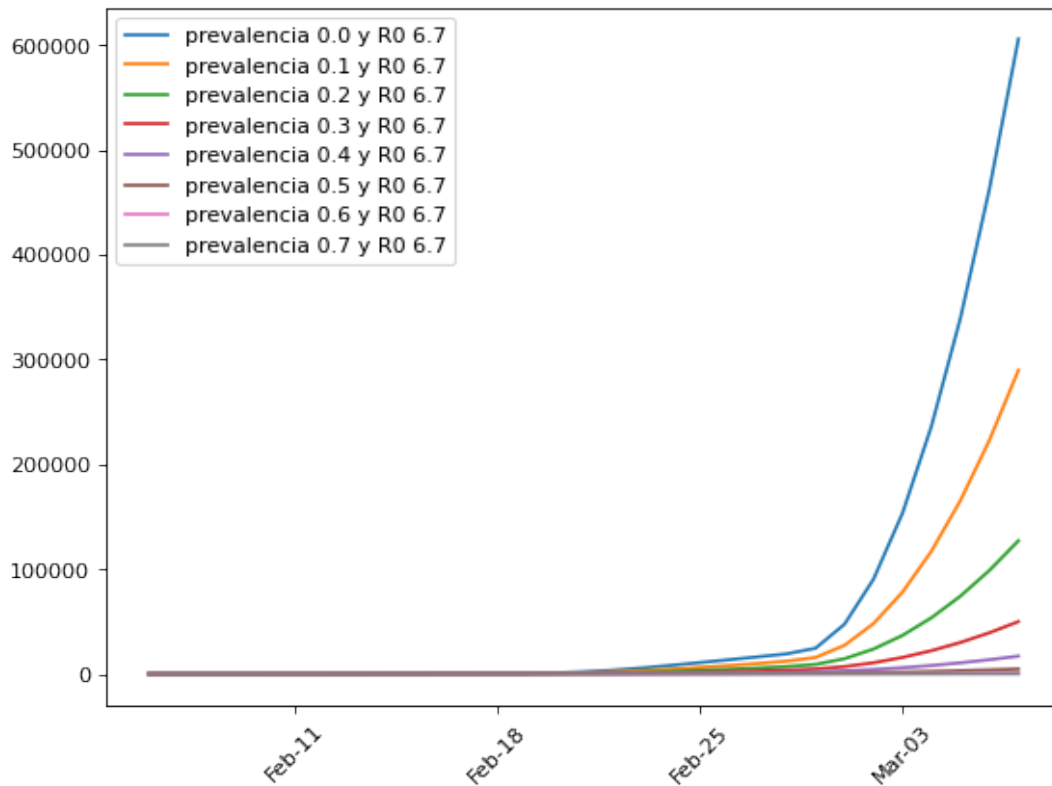




## Numero de infecciones por semana, con $R_0 = 5.7$



## Numero de infecciones por semana, con $R_0 = 6.7$



TODO: - Hacer gráfico de la evolución del nº de infectados, en el confinamiento ( $R_0 < 1$ )

## 2 Conclusiones:

- Para un  $R_0$  estimado de 5.7 del COVID-19, hace falta un 70% de prevalencia, para que no haya brotes masivos.
- Las medidas de distanciamiento social, influyen para mantener bajo el  $R_0$ , el cual influye mucho en el número de infectados.
- Con prevalencia bajas, aunque no haya inmunidad de grupo, el nº de infectados desciende significativamente. (En España, que los estudios sugieren una prevalencia menor del 10%, podría haber 1/3 ó 1/2 muertos)
- Además de la prevalencia, también es importante, tener controlado el nº de personas infectadas en cada momento:
- Hay que detectar los brotes lo mas pronto posible, y reducir el  $R_0$  mediante la búsqueda de contactos del infectado cuando el brote es aún pequeño.
- En caso contrario, si no se puede controlar el brote, como el nº de infectados se disparará, se pueden realizar confinamientos parciales intermitentes, para reducir el  $R_0$  por debajo de 1,

hasta que el nº de infectados baje.

## 2.1 Bonus : ¿ Sirve de algo quedarse en casa ?

```
[8]: ARRAY_ROS = [2.7,
                 3.7 ,
                 4.7,
                 5.7,
                 6.7 ]

df_ROs = pd.DataFrame()

for MI_RO in ARRAY_ROS :
    df = 
    ↪Calcular_Cuadro_Prevalencias(RO=MI_RO, GENERACIONES=GENERACIONES, ARRAY_PREVALENCIAS=ARRAY_PR

    df_ROs[df.columns[0]] = df[df.columns[0]]

print("Tabla de como varía el nº de infectados, según varía el R0 " )

display(HTML (df_ROs.to_html()))
print("Total de infectados en cada escenario : " )
print( df_ROs.astype(np.int64).sum(axis=0) )

plt = Get_Chart(interpolate_dataframe(df_ROs,'D') ,title= 'Comparativa de nº de 
↪infectados variando el R0')
```

Tabla de como varía el nº de infectados, según varía el R0

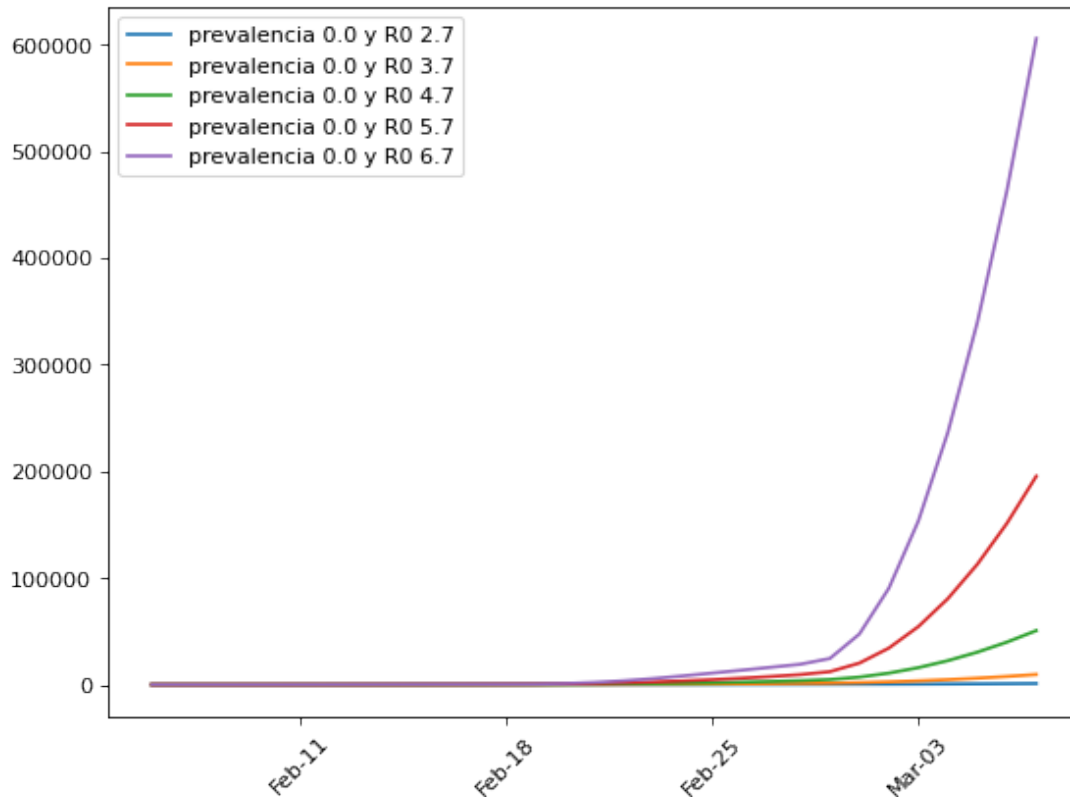
<IPython.core.display.HTML object>

Total de infectados en cada escenario :

prevalencia 0.0 y R0 2.7	1657
prevalencia 0.0 y R0 3.7	13004
prevalencia 0.0 y R0 4.7	64350
prevalencia 0.0 y R0 5.7	237078
prevalencia 0.0 y R0 6.7	712395

dtype: int64

## Comparativa de nº de infectados variando el R0



Como se ve en la gráfica, bajar el R0, es muy importante, para detener el nº de infectados, y por ende en número de los fallecidos.

### 2.2 Re- Bonus : Se me ha hecho larguísimo, ¿ Podría haber estado menos tiempo en casa ?

```
[9]: def comparacion_semanas(SITUACION_INICIAL=1):  
    GENERACIONES=8  
    prevalencia=0  
    diccionario_prevalencias={}  
    R0=5.7  
    i=1  
    for NUM_GENERACIONES in range(5,8) :  
        infectados_en_esta_generacion=SITUACION_INICIAL  
        array = []  
        for generacion in range(1,NUM_GENERACIONES):  
            infectados_en_esta_generacion = infectados_en_esta_generacion * R0  
            ↪ * (1-prevalencia)  
            array.append(infectados_en_esta_generacion)
```

```

    valor_actual = array[-1]
    # Calculamos el R0 con el confinamiento
    # En alemania confinada el R0 estimado es un 0.7. Nosotros debería ser
    ↪mas bajo
    NUEVO_R0 = 0.5
    while infectados_en_esta_generacion > 1 :
        infectados_en_esta_generacion = infectados_en_esta_generacion *
    ↪NUEVO_R0 * (1-prevalencia)
        array.append(infectados_en_esta_generacion)
        diccionario_prevalencias[' R0 ' + str(R0) + ', parando en la semana ' +
    ↪str(generacion)] = array
        i=i+1

    df = pd.DataFrame.from_dict(diccionario_prevalencias,'index')
    df = Get_Header(df.shape[1]+1,df)
    df = df.T
    df.index = pd.to_datetime(df.index)

    return df

```

```

[10]: df = comparacion_semanas(SITUACION_INICIAL=60)
df= df.fillna(0)

print("Total de infectados en cada escenario : " )
print( df.astype(np.int64).sum(axis=0) )
df_interpolate = interpolate_dataframe(df=df,freq='H')
df_interpolate['CAPACIDAD SISTEMA SANITARIO' ] = CAPACIDAD_SISTEMA_SANITARIO

plt = Get_Chart(df = df_interpolate,title= 'Comparativa de infectados y tiempo
    ↪de confinamiento, según el momento de empezar')
plt.ylabel('Infectados en unidades de millón', size = 10)

print("Tabla de como varía el nº de infectados, según varía la semana de inicio
    ↪del confinamiento " )
df.style.format ({ c : "{:20,.0f}" for c in df.columns }).
    ↪background_gradient(cmap='Wistia', )

```

Total de infectados en cada escenario :

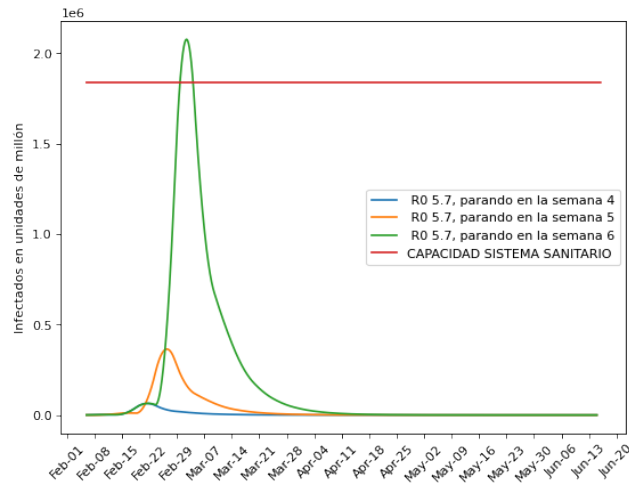
R0 5.7, parando en la semana 4	140064
R0 5.7, parando en la semana 5	798759
R0 5.7, parando en la semana 6	4553312

dtype: int64

Tabla de como varía el nº de infectados, según varía la semana de inicio del confinamiento

```
[10]: <pandas.io.formats.style.Styler at 0x7fceb57efcc0>
```

Comparativa de infectados y tiempo de confinamiento, según el momento de empezar



Como se ve en el anterior gráfico, el tiempo que dura confinamiento, y el nº de infectados varía enormemente.

Sin duda la demora en adoptar las restricciones - como se ve con esta gráfica de datos teóricos- ha influido en el tiempo de confinamiento, y mucho peor, ha costado un gran número de vidas.

## 2.3 ¿ Se acabará la pandemia en verano ?

```
[11]: import numpy as np

#### Aquí
INFECTIVIDAD_POR_DEFECTO = 5.7

ARRAY_ROS = [INFECTIVIDAD_POR_DEFECTO]
infectividad = INFECTIVIDAD_POR_DEFECTO
ARRAY_ROS_TITULOS = ["Infectividad primera ola"]

prevalencia = 0.1
infectividad *= 1 - prevalencia
ARRAY_ROS.append(infectividad)
ARRAY_ROS_TITULOS.append("lo anterior + prevalencia actual")

""" We simulated social distancing by reducing R0
by a fixed proportion, which ranged between 0 and 60%, on par with the
→reduction in R0
achieved in China through intense social distancing measures
```

```

"""
distanciamiento_social_efectivo = 0.3
infectividad *= 1 - distanciamiento_social_efectivo
ARRAY_ROS.append(infectividad)
ARRAY_ROS_TITULOS.append("lo anterior + distanciamiento social efectivo")
"""

    Uso de mascarillas
    The team investigated the varying effectiveness of facemasks. Previous
    ↳research shows that even homemade masks made from cotton t-shirts or
    ↳dishcloths can prove 90% effective at preventing transmission.
    The study suggests that an entire population wearing masks of just 75%
    ↳effectiveness can bring a very high 'R' number of 4.0-the UK was close to
    ↳this before lockdown-all the way down to under 1.0, even without aid of
    ↳lockdowns.
    https://medicalxpress.com/news/2020-06-widespread-facemask-covid-.html
"""

porcentaje_efectividad_mascarillas = 0.7
porcentaje_poblacion_usa_mascarillas = 0.6
infectividad *= 1 - (porcentaje_efectividad_mascarillas *
    ↳porcentaje_poblacion_usa_mascarillas)
ARRAY_ROS.append(infectividad)
ARRAY_ROS_TITULOS.append("lo anterior + uso mascarillas")

incremento_grados_temperatura_media = 15
infectividad_verano = 1 - ( incremento_grados_temperatura_media * 0.012 )
infectividad *= infectividad_verano
ARRAY_ROS.append(infectividad)
ARRAY_ROS_TITULOS.append("lo anterior + temperaturas de verano")

"""

    Confinamiento :
    One study from France estimated that timely lockdowns pushed R0 down to 0.5
    ↳from 3.3
    https://hal-pasteur.archives-ouvertes.fr/pasteur-02548181/document
"""

efectividad_confinamiento=0.88
infectividad_confinamiento = 1 - ( efectividad_confinamiento )
infectividad *= infectividad_confinamiento
ARRAY_ROS.append(infectividad)
ARRAY_ROS_TITULOS.append("lo anterior + confinamiento")

ARRAY_TITULOS = []
for i,element in enumerate(ARRAY_ROS):
    titulo = str(ARRAY_ROS_TITULOS[i]) + " , R0=" + str(ARRAY_ROS[i])[0:5]
    ARRAY_TITULOS.append(titulo)

```

```

df_R0s = pd.DataFrame()

GENERACIONES=4
SITUACION_INICIAL=1000
FECHA_INICIAL_STR = '2020-07-01'
for MI_R0 in ARRAY_ROS :
    df = Calcular_Cuadro_Prevalencias(
        SITUACION_INICIAL = SITUACION_INICIAL,
        R0 = MI_R0,
        GENERACIONES = GENERACIONES,
        ARRAY_PREVALENCIAS = ARRAY_PREVALENCIAS,
        FECHA_INICIAL_STR = FECHA_INICIAL_STR
    )
    df_R0s[df.columns[0]] = df[df.columns[0]]

df_R0s.columns = ARRAY_TITULOS

print("Total de infectados en cada escenario : " )

#display(HTML (df_R0s.to_html()))

print("Ejemplo de si salieramos todos del estado de alarma " )

print( df_R0s.astype(np.int64).sum(axis=0) )

plt = Get_Chart(interpolate_dataframe(df_R0s,'D') ,title= 'Comparativa número_
↳de infectados por cada factor')

df_R0s.style.format ({ c : "{:20,.0f}" for c in df_R0s.columns }).
↳background_gradient(cmap='Wistia', )

```

```

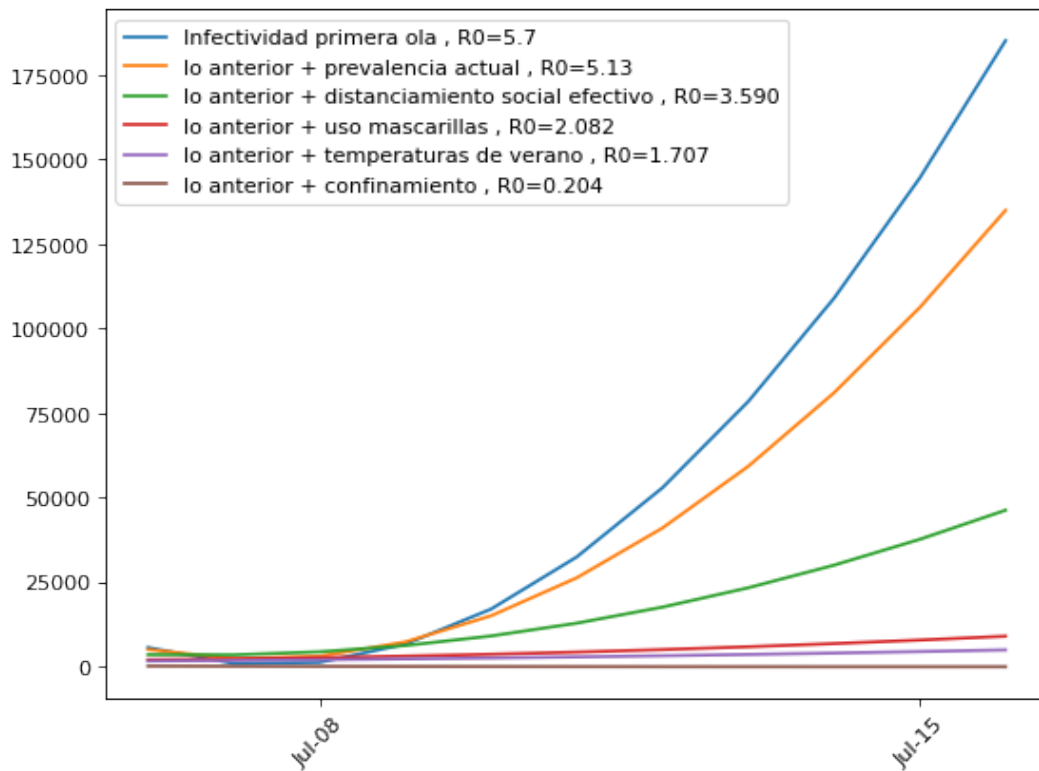
Total de infectados en cada escenario :
Ejemplo de si salieramos todos del estado de alarma
Infectividad primera ola , R0=5.7                223383
lo anterior + prevalencia actual , R0=5.13        166451
lo anterior + distanciamiento social efectivo , R0=3.590    62791
lo anterior + uso mascarillas , R0=2.082          15454
lo anterior + temperaturas de verano , R0=1.707        9604
lo anterior + confinamiento , R0=0.204            254
dtype: int64

```

```
[11]: <pandas.io.formats.style.Styler at 0x7fceb5817a90>
```



## Comparativa número de infectados por cada factor



De los datos anteriores parece que la epidemia no se va a poder contener durante el verano, salvo que alguno de los factores esté minusvalorado :

- Que en la nueva normalidad este tan atemorizada que haya un distanciamiento social muy efectivo,
- Que use mascarillas la práctica totalidad de la población, o
- Que el incremento de la radiación solar tenga mas incidencia que la estimada.

No obstante, aunque no se acabará en verano, podemos intentar estimar si habrá una segunda ola que necesite confinamiento en verano.

### 2.4 ¿ Cuándo llegará la segunda ola ?

Para estimar si el sistema sanitario se verá sobrepasado otra vez, intentamos calcular la capacidad del sistema sanitario. Sabiendo el nº de camas UCIs, el porcentaje de hospitalizados que necesita una cama UCI, y el porcentaje de enfermos que necesitan hospitalización, estimamos la capacidad del sistema sanitario.

[12] : GENERACIONES=12  
SITUACION\_INICIAL=1000

```

FECHA_INICIAL_STR = '2020-07-01'
df_R0s = pd.DataFrame()

for MI_R0 in ARRAY_ROS :
    df = Calcular_Cuadro_Prevalencias(
        SITUACION_INICIAL = SITUACION_INICIAL,
        R0 = MI_R0,
        GENERACIONES = GENERACIONES,
        ARRAY_PREVALENCIAS = ARRAY_PREVALENCIAS,
        FECHA_INICIAL_STR = FECHA_INICIAL_STR
    )
    df_R0s[df.columns[0]] = df[df.columns[0]]
df_R0s.columns = ARRAY_TITULOS

df_master = df_R0s.copy()
df_R0s = interpolate_dataframe(df_R0s, 'D')
df_R0s = df_R0s[df_R0s < (CAPACIDAD_SISTEMA_SANITARIO * 1.5) ]
df_R0s['CAPACIDAD SISTEMA SANITARIO'] = CAPACIDAD_SISTEMA_SANITARIO

#plt = Get_Chart(df_R0s ,title= 'Comparativa número de infectados por cada
    ↳factor')
title= 'Cuando se tarda en superar la capacidad del sistema sanitario, por
    ↳escenario.'
df = df_R0s
#def Get_Chart(df, title="default"):
fig = plt.figure(figsize=(8, 6), dpi=80)
ax = plt.gca()

ax.set_ylim([0,CAPACIDAD_SISTEMA_SANITARIO*2])

for ca in df.columns:
    plt.plot(df[ca])
    plt.legend(df.columns)
    fig.suptitle(title, fontsize=20)
#return plt
ax.legend(df.columns, loc='upper left')
plt.ylabel('Infectados en unidades de millón', size = 10)
plt.gca().xaxis.set_major_formatter(mdates.DateFormatter('%b-%d'))
plt.gca().xaxis.set_major_locator(mdates.DayLocator(interval=7))
plt

print("Estimación de cuando se supera la capacidad del sistema sanitario, en
    ↳cada escenario")
print("Presuponiendo una situación inicial de 1.000 infectados")

df_master
df_master = df_master[df_master < (CAPACIDAD_SISTEMA_SANITARIO * 2) ]

```

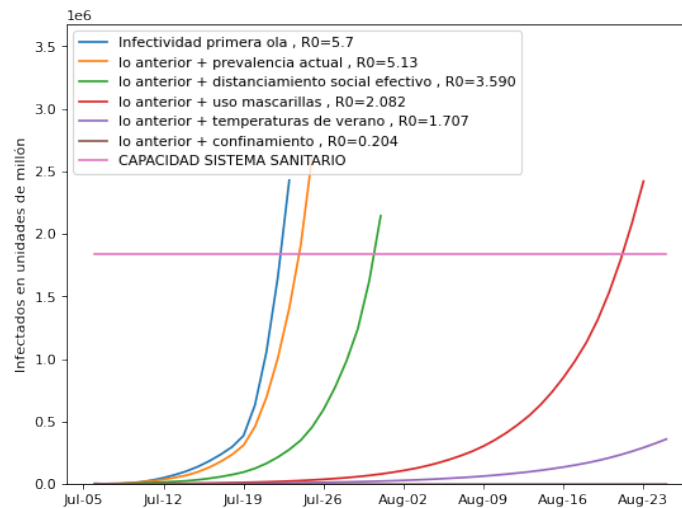
```
df_master.style.format ({ c : "{:20,.0f}" for c in df_master.columns }).
↪background_gradient(cmap='Wistia', )
```

Estimación de cuando se supera la capacidad del sistema sanitario, en cada escenario

Presuponiendo una situación inicial de 1.000 infectados

[12]: <pandas.io.formats.style.Styler at 0x7fceb5d228d0>

Cuando se tarda en superar la capacidad del sistema sanitario, por escenario.



### 2.4.1 Conclusiones

Estas son estimaciones, no datos reales, pero las tendencias son :

- Parece que las temperaturas de verano pueden ralentizar la infección lo bastante como para que no tengamos otra ola hasta después del verano.
- Tras el verano, futuras olas parecen inevitables en el plazo de entre un mes y dos de la finalización de las altas temperaturas.
- Habrá que adelantarse, con periodos de confinamientos intermitentes. La cantidad y duración de estos confinamientos aún deben estimarse.
- Futuros cambios de infectividad, o nuevos tratamientos podrían variar este escenario.

[ ]: