

Coronavirus

Roger Vilà

23/3/2020

1. Llibreries

- Tidyverse: per al data cleaning i els plots
- Readxl: per a llegir excels
- Lubridate: per al tractament de dates
- Knitr: per al format del document
- Ggpmisc: inclou extensions utils per a ggplot
- Growthmodels: per a models no lineals de Gompertz
- Minpack.lm: extensió per a models no lineals
- Rmarkdown: per a generar informes en format Lattex

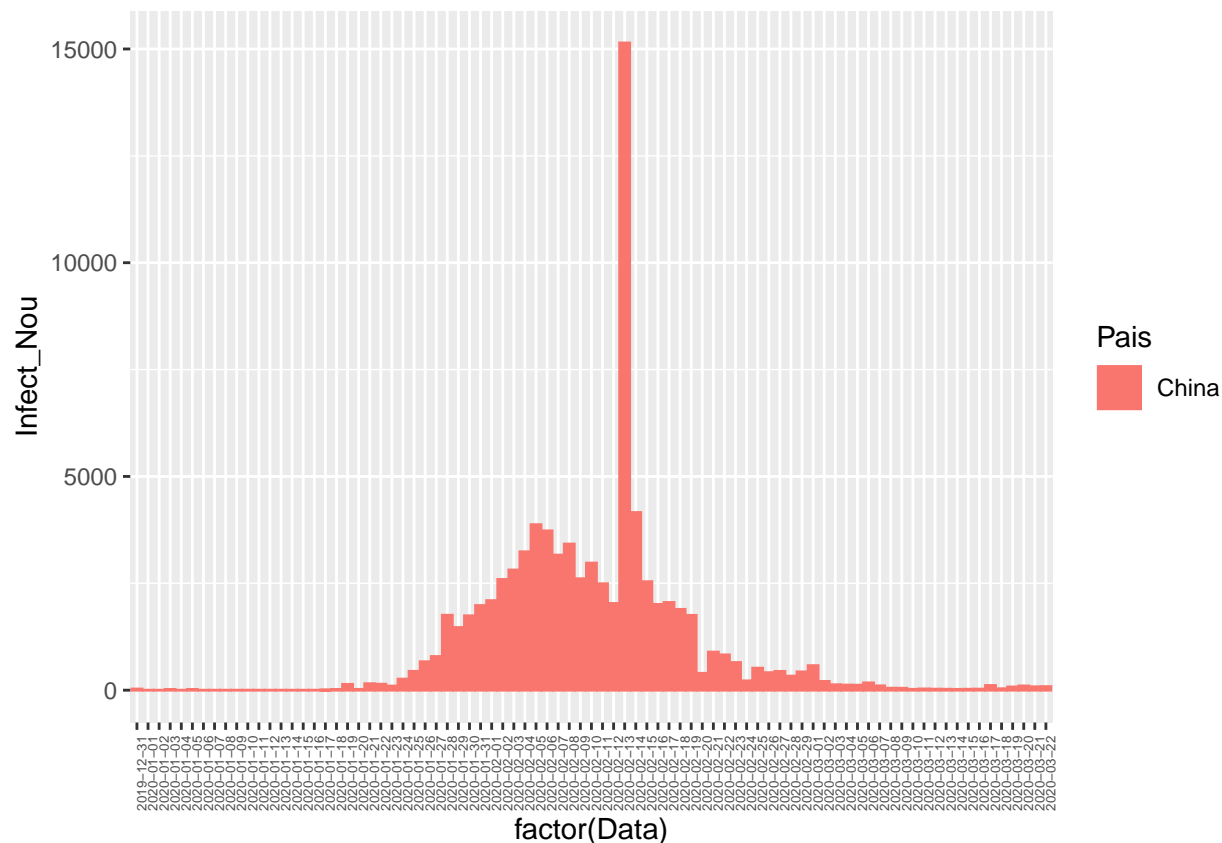
2. Carregar dades

- Font: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/download-todays-data-geographic-distribution-covid-19-cases-worldwide>
- Actualització: 23/03/2020 10:35

3. Preparació dades

- Transformació de tipus i noms de variables
- Acumulat d'infectats

249 observacions fins a la data



S'observen dos pics els dies 13 i 14 de febrer; es tracta de punts que no segueixen la tendència i inclús sobresurten de forma exagerada. Aquests punts es tracten com a outliers.

3. Anàlisi Exploratori Inicial

Han passat 83 dies des de la primera dada contabilitzada el dia d'any nou a Xina (31/12/2019)

Pais	Infectats
China	62202
Italy	53578
United_States_of_America	26747
Spain	24926
Germany	21463
Iran	20610
France	14459
South_Korea	8897
Switzerland	6077
United_Kingdom	5018

A dia 23/03 Espanya és el quart país en número d'infectats per darrere només de Xina, Italia i els EEUU.

Pais	Morts
Italy	4827

Pais	Morts
China	3000
Iran	1556
Spain	1326
France	562
United_States_of_America	340
United_Kingdom	233
Netherlands	136
South_Korea	104
Belgium	67

Espanya és, també, el quart en número de morts per darrere de Italia, Xina i Iran.

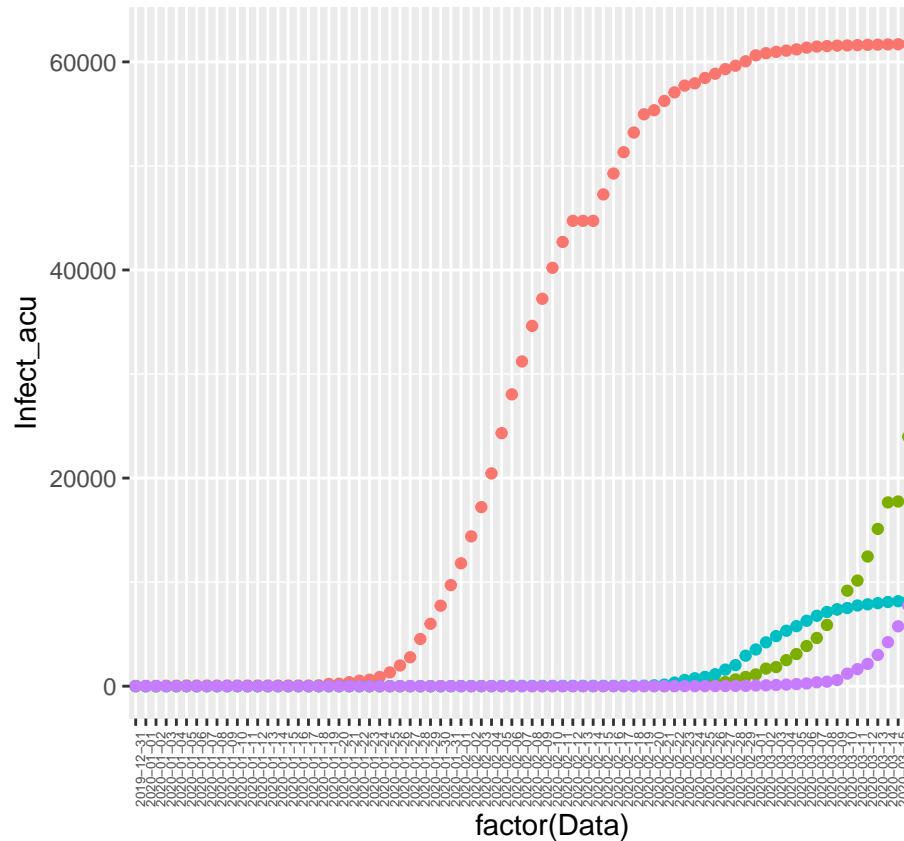
4. Què podem dir del nombre d'infectats?

Italia, Xina i Espanya són, de moment, els països més afectats pel COVID-19.

El model epidemiològic prediu que el creixement d'una epidemia és exponencial fins que assoleix un màxim i aleshores decau. El acumulat d'infectats passa de tenir una forma exponencial a sigmoidal. Finalment, s'entra en una fase de recuperació i la curva decau. https://es.wikipedia.org/wiki/Modelaje_matem%C3%A1tico_de_epidemias

Les notícies anuncien que Xina ja ha superat la crisi. Des del dia 22/03 (dos mesos després de les primeres mesures adoptades) les mesures de confinament es comencen a relaxar al país asiàtic. Vol dir això que ha superat la fase exponencial? Mirarem d'aprendre per què?

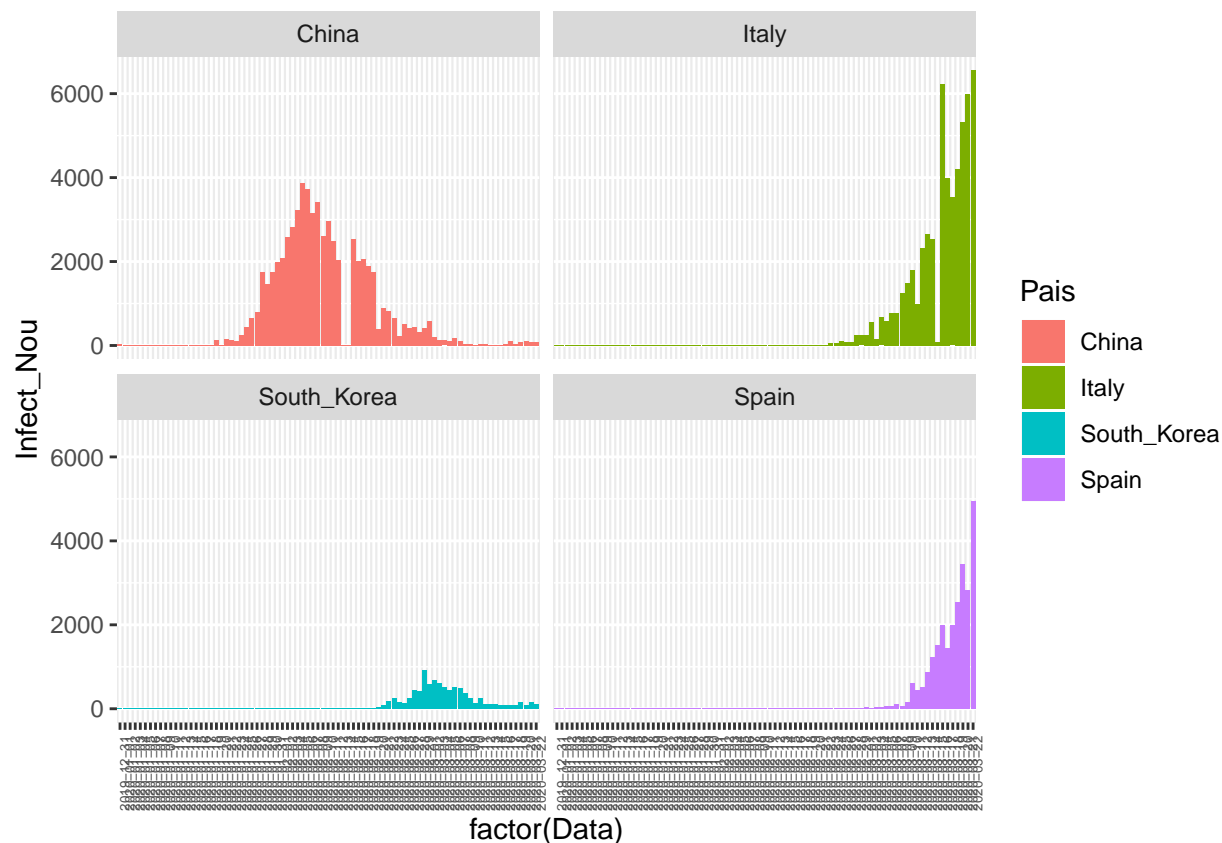
- Començarem filtrant per aquests tres països i també per Corea del Sud ja que és un cas paradigmàtic
- Plotejarem el nombre d'acumulats per veure si té un creixement exponencial



Començarem per veure l'evolució dels infectats

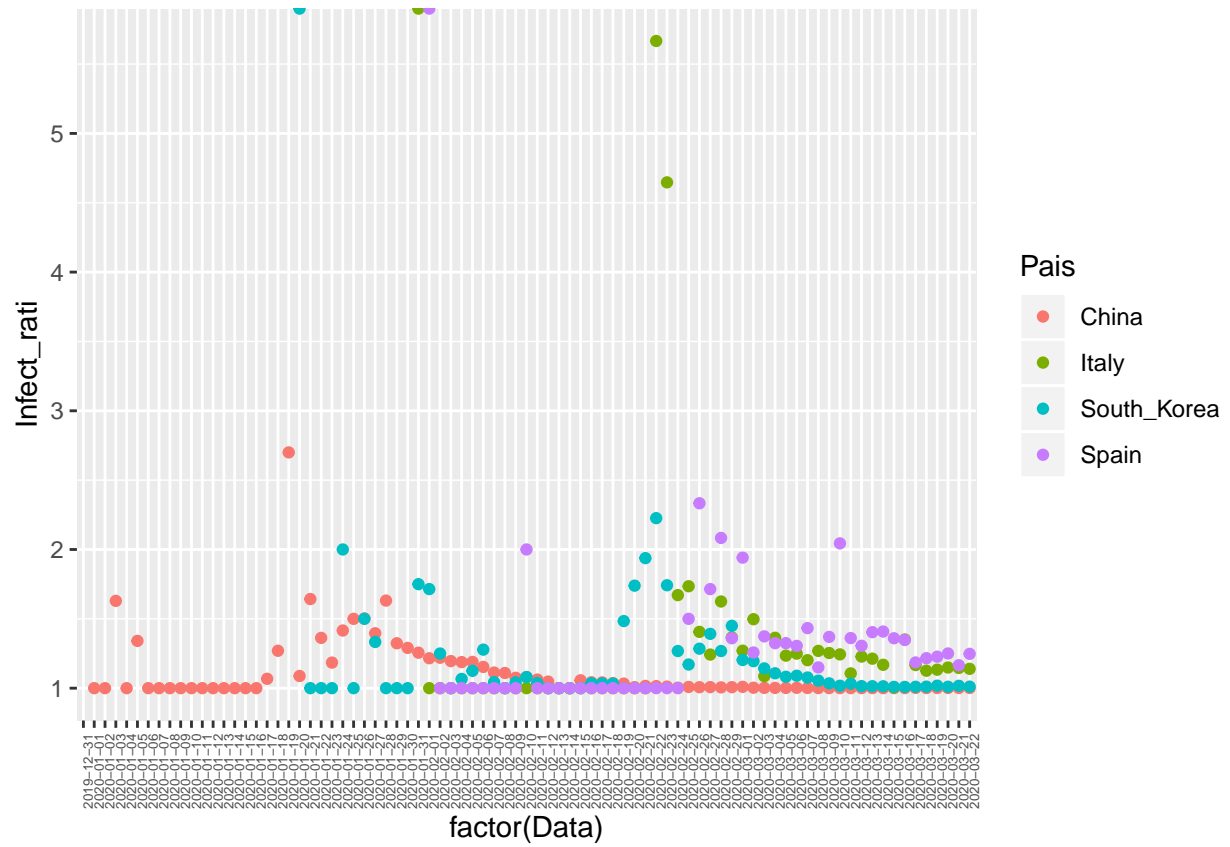
Observacions:

- Sembla que Xina ja ha superat la fase de creixement exponencial i s'estabilitza en forma de sigmoide. Mirarem l'evolució de nous casos de contagi.
- S'observa que tant Itàlia com Espanya encara es troben en una fase de creixement exponencial.
- Significatiu el cas de Corea del Sud: ha tingut un baix creixement exponencial i sembla estar ja en fase d'estabilització.
- Els primers casos de coronavirus a Espanya apareixen 10-11 dies més tard que a Itàlia. Podem esperar que, si evoluciona igual, les mesures s'allarguin 10-11 dies respecte a Itàlia?
- Des del 11-03-2020, Espanya canvia el criteri de tests i només es realitza a qui presenti quadres clínics aguts. Les dades no comptabilitzen casos amb símptomes lleus de coronavirus. No obstant, aquest fet no es pot veure als gràfics

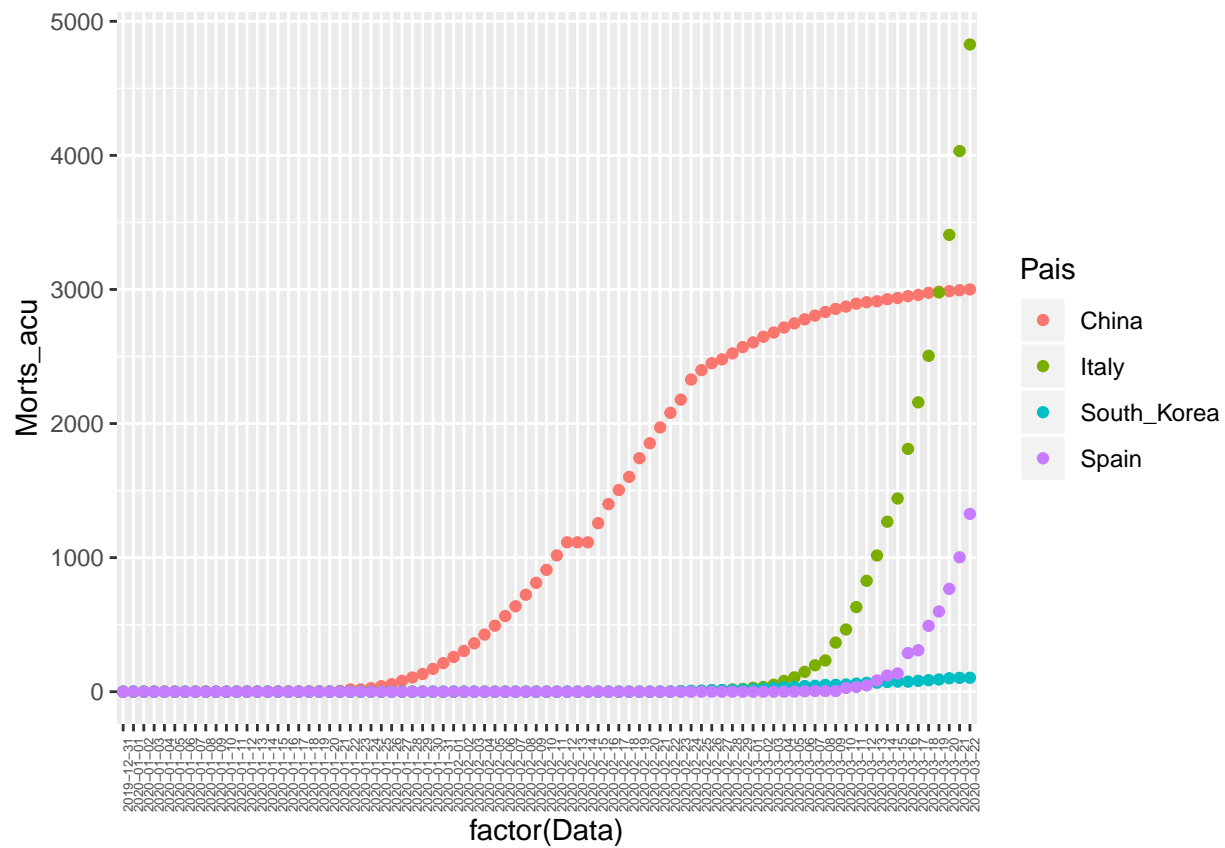


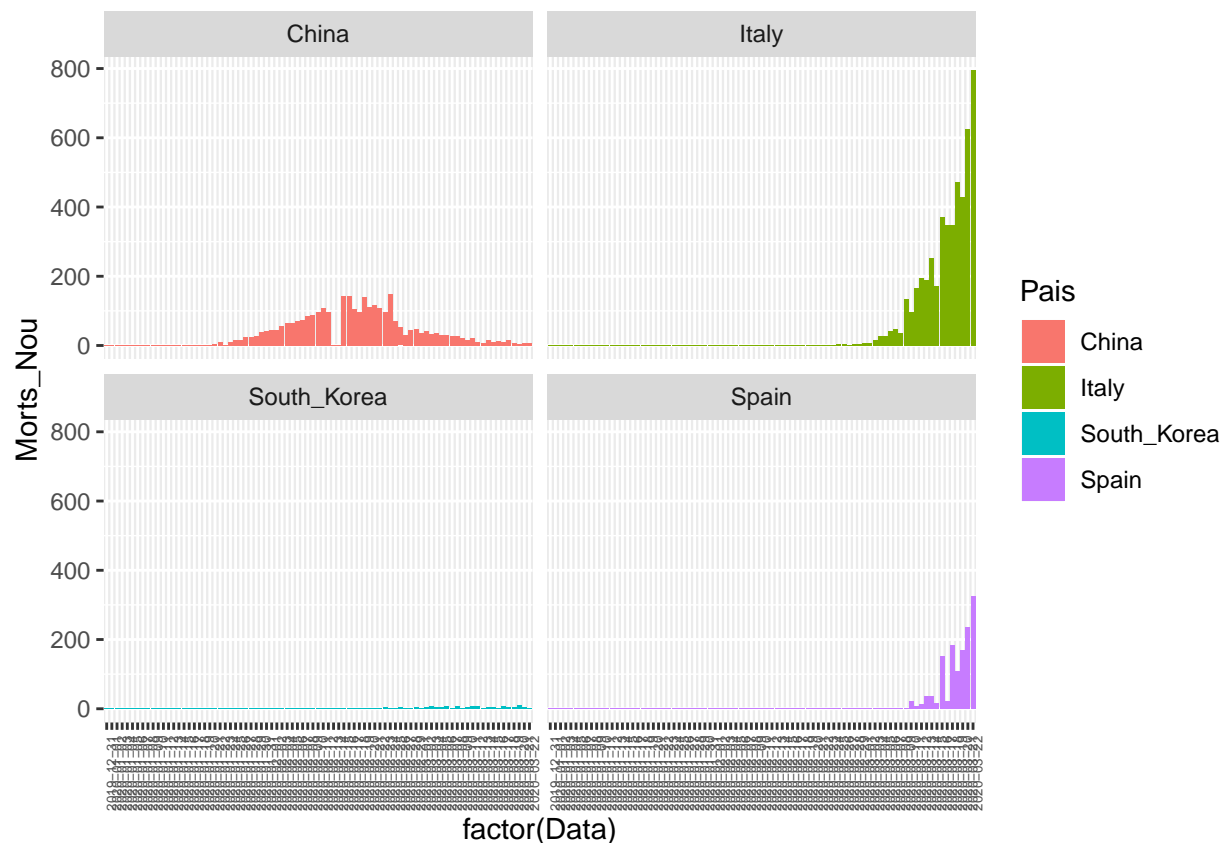
- A la Xina, el número de nous infectats augmenta continuament fins al dia 05/02/2020 on assoleix un màxim de 3872 nous infectats. Posteriorment, la tendència és decreixent. Sembla doncs que, efectivament la Xina ha superat la fase de creixement de nous infectats i ara passarà a una fase d'estabilització
- Amb les mesures preses pel govern xinès s'aconsegueix que la fase de creixement exponencial duri dues setmanes (del 22/01/2020 a 05/02/2020), però no és fins dos mesos després (22/03/2020) que el govern xinès començarà a reduir les mesures de confinament i activitat.
- Itàlia porta un període aproximat de 18 dies de creixement continu des de que la corba es dispara. En el cas de Xina, aquest període va ser de aprox. 15 dies. Espanya porta aprox. 13 dies de creixement exponencial continu.
- Tant Itàlia com Espanya han superat a la Xina en nombre de nous casos, la qual cosa sembla -a priori- sorprenent tenint en compte que la Xina és un país amb molt més nombre d'habitants que aquests països.

També és interessant veure com evoluciona el rati d'infectats, definit com els infectats totals avui entre els infectats totals ahir. Veiem com Corea i Xina estan amb un rati de 1 o proper, que vol dir que el nombre d'infectats d'avui és pràcticament igual al nombre d'infectats d'ahir. Per tal de limitar l'expansió del coronavirus les mesures han d'anar encaminades a reduir aquest índex fins a 1. Espanya i Itàlia a dia 23 tenen índex de 1.25 i 1.14 respectivament. Es tracta d'un valor puntual, més endavant mirarem quin és aquest factor mitjançant la modelització de les dades.



5. Què podem dir del nombre de morts?





Els anteriors gràfics mostren com:

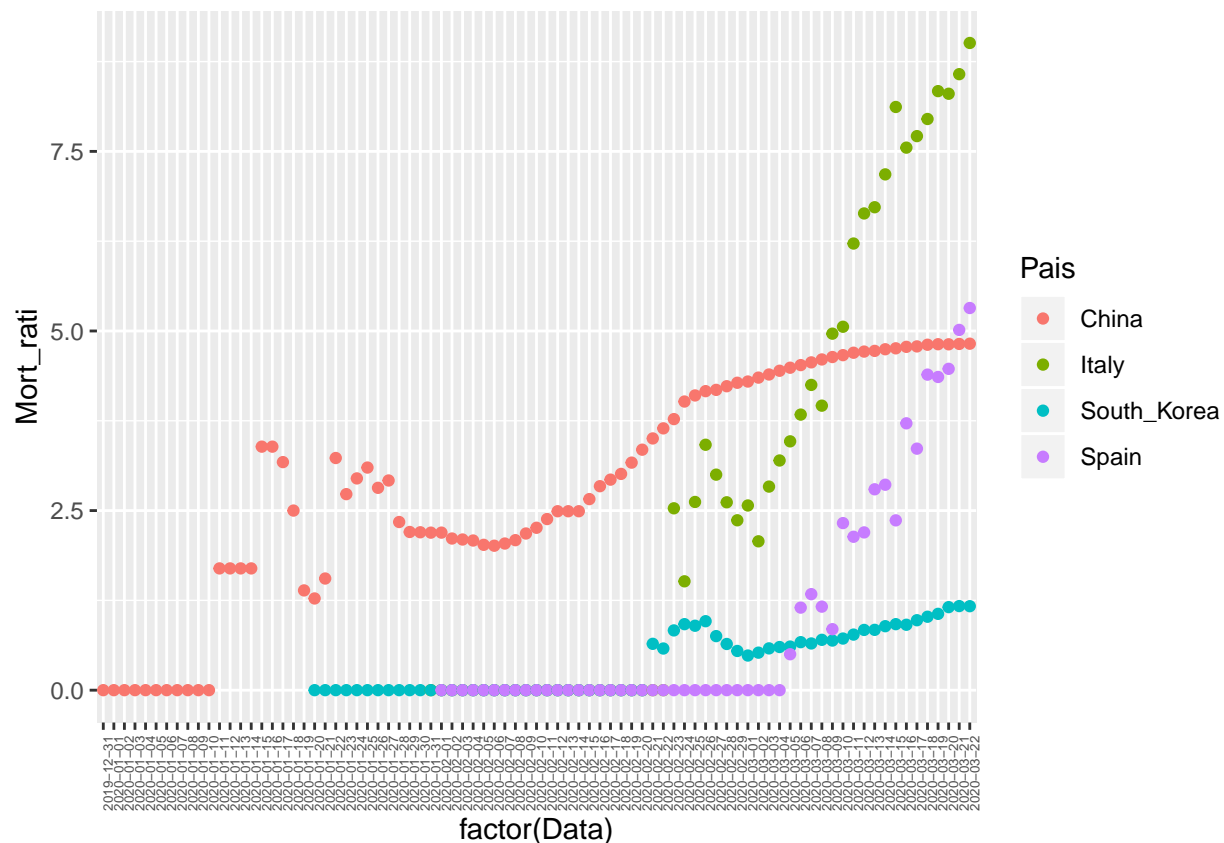
- Itàlia ha superat a Xina en nombre de morts acumulats (dalt)
- Com Espanya i Itàlia tenen un nombre de morts diaris major que a Xina (baix).
- Per la seva banda, Corea del Sud compta amb pocs casos de mort per coronavirus.

El temps que passa des que es confirma el primer cas fins que apareix el primer mort per coronavirus és força variable entre països: a Xina es donà al cap de 11 dies mentre que a Corea del Sud i Espanya ha de transcorrer un més. Es tracta d'una dada que tampoc aporta massa informació.

País	Primera_infeccio	Primera_mort	Temps_mort
China	2019-12-31	2020-01-11	11 days
Italy	2020-01-31	2020-02-23	23 days
South_Korea	2020-01-20	2020-02-21	32 days
Spain	2020-02-01	2020-03-05	33 days

Pel que fa al índex de mortalitat del coronavirus, definit com el total de morts dividit entre el total de casos, veiem com evoluciona amb el temps:

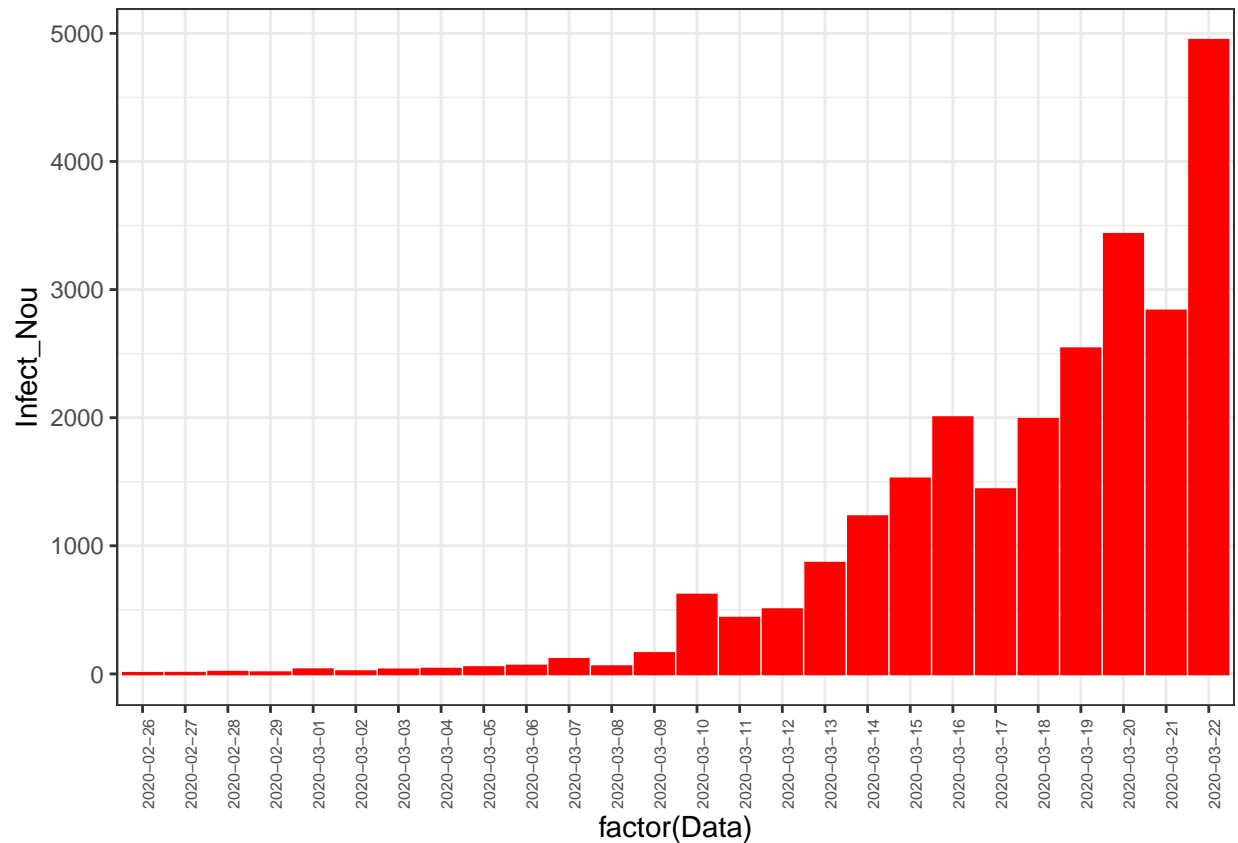
- A Xina el rati s'ha estabilitzat entorn al 5 morts per cada 100 infectats
- A Italia i Espanya el rati segueix un creixement lineal des de 1 fins al 9% aproximat a Italia i de 1 al 5% per a Espanya. De moment, no sembla que s'estabilitzi.
- A Corea, l'índex es situa entorn al 1%.



6. Prediccions per al cas d'Espanya

De l'apartat anterior se'n despren que Espanya encara es troba en una fase de creixement exponencial i encara no ha arribat al seu màxim.

A continuació crearem un model per als casos d'Espanya per tal de predir-ne el comportament en els pròxims dies. Per fer-ho, primer filtrarem els valors apartir del dia 25/02/2020 on els casos comencen a ser rellevants. Al gràfic, veiem però, que no és fins el dia 08/03/2020 que comença la fase de creixement exponencial de contagi.

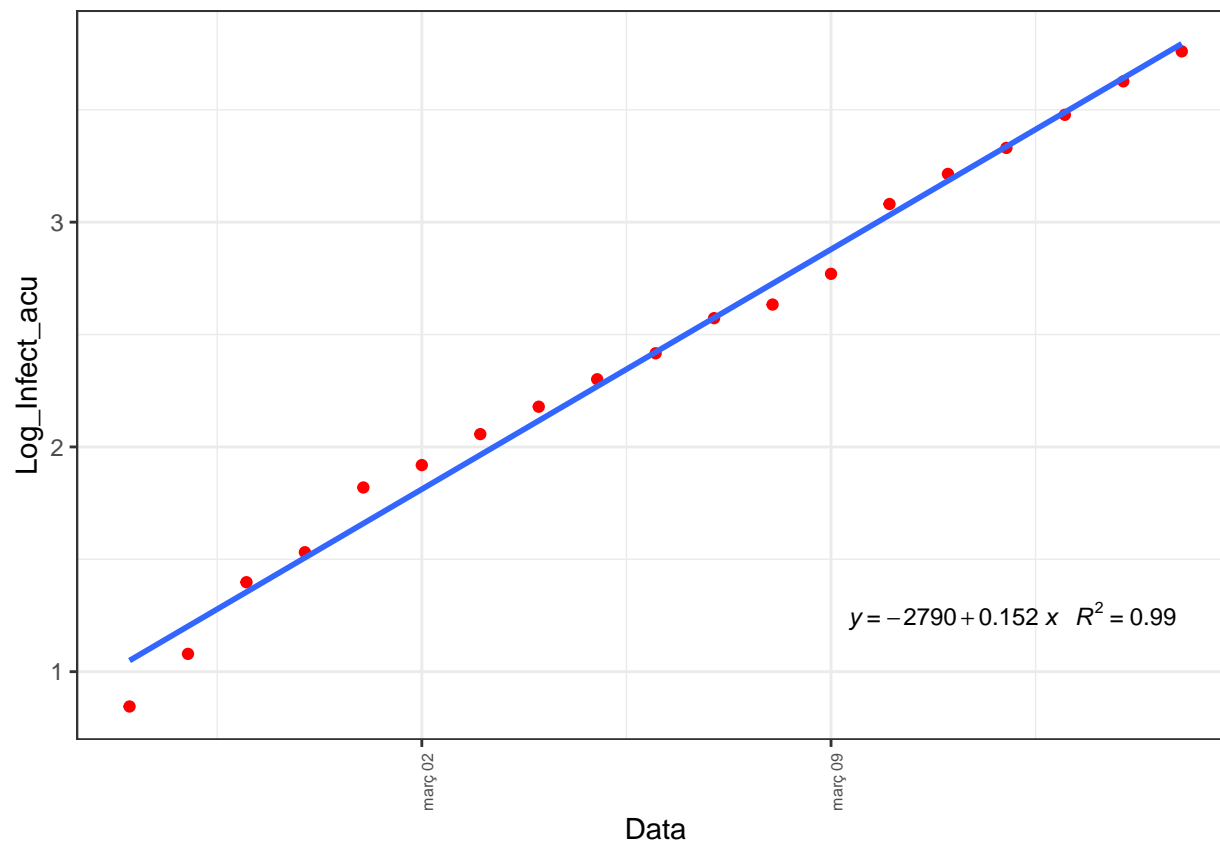


6.1. Les mesures preses pel govern han resultat efectives?

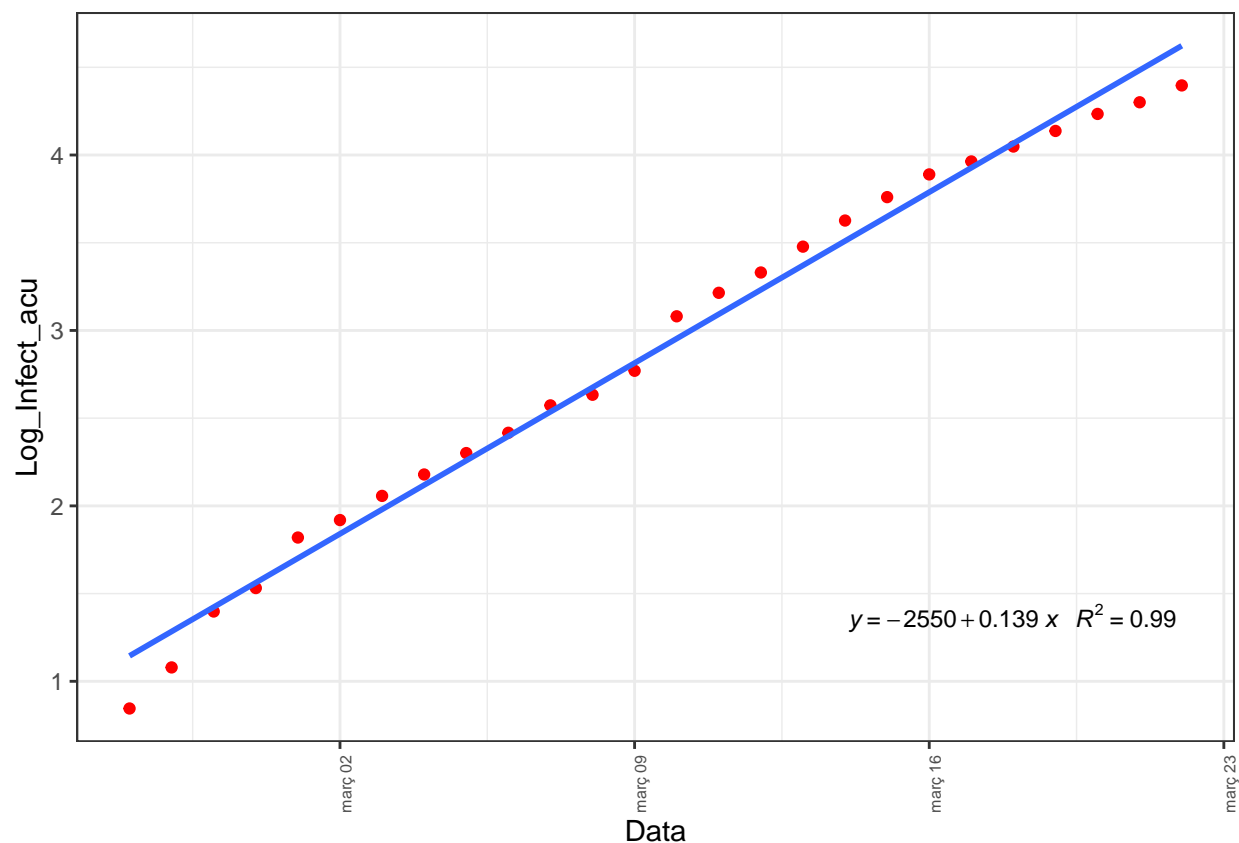
Anem a crear un model per als contagis a Espanya. Per fer-ho linearitzarem les dades, passant-ho a escala logaritmica. Ho repetirem dos cops, en un filtrarem per valors abans de l'aplicació de les mesures (16/03/20) i un altre per a totes les dades

```
spain2<- spain%>%
  filter(Data<'2020-03-16' & Data >'2020-02-25')

formula <- y ~ x
ggplot(spain2, aes(x = Data, y= Log_Infect_acu))+
  geom_point(color="red")+
  geom_smooth(method='lm', se= F)+
  stat_poly_eq(aes(label = paste(..eq.label..., ..rr.label..., sep = "~~~")), label.x.npc = "right", label.y.npc = "top", theme_bw()+
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 90,
    size = 6))
```



La grafica anterior demostra que el model lineal ajusta molt bé pels valors dels infectats - en base logaritmica - abans de l'entrada en funcionament de les mesures. La R^2 és del 99%, el que vol dir és que el model ens explica el 99% de la variable real i, per tant, és molt bon model. Caldria comprovar que no sobreajusti les dades, però no ho farem.



Data	Infect_Nou	Infect_acu	Log_Infect_acu
2020-02-26	4	7	0.845098
2020-02-27	5	12	1.079181
2020-02-28	13	25	1.397940
2020-02-29	9	34	1.531479
2020-03-01	32	66	1.819544
2020-03-02	17	83	1.919078
2020-03-03	31	114	2.056905
2020-03-04	37	151	2.178977
2020-03-05	49	200	2.301030
2020-03-06	61	261	2.416641
2020-03-07	113	374	2.572872
2020-03-08	56	430	2.633469
2020-03-09	159	589	2.770115
2020-03-10	615	1204	3.080627
2020-03-11	435	1639	3.214579
2020-03-12	501	2140	3.330414
2020-03-13	864	3004	3.477700
2020-03-14	1227	4231	3.626443
2020-03-15	1522	5753	3.759894

D'altra banda, a la taula anterior podem veure els infectats totals -en base logarítmica 10- abans de les mesures . Es pot veure que en menys d'una setmana (5-6 dies), el logarítme augmenta aproximadament en 1 respecte a la setmana anterior. Això significa que cada 5-6 dies el nombre d'infectats acumulats es multiplica per 10; lo qual implica que, si no es prenguessin mesures, cada setmana es multiplicaria per 10 el nombre de

contagiats. De no fer res, acabríem el més de març amb 1.200.000 infectats! Incloem-hi, doncs, els resultats tenint en compte aquesta setmana de mesures (taula següent).

Data	Infect_Nou	Infect_acu	Log_Infect_acu
2020-02-26	4	7	0.845098
2020-02-27	5	12	1.079181
2020-02-28	13	25	1.397940
2020-02-29	9	34	1.531479
2020-03-01	32	66	1.819544
2020-03-02	17	83	1.919078
2020-03-03	31	114	2.056905
2020-03-04	37	151	2.178977
2020-03-05	49	200	2.301030
2020-03-06	61	261	2.416641
2020-03-07	113	374	2.572872
2020-03-08	56	430	2.633469
2020-03-09	159	589	2.770115
2020-03-10	615	1204	3.080627
2020-03-11	435	1639	3.214579
2020-03-12	501	2140	3.330414
2020-03-13	864	3004	3.477700
2020-03-14	1227	4231	3.626443
2020-03-15	1522	5753	3.759894
2020-03-16	2000	7753	3.889470
2020-03-17	1438	9191	3.963363
2020-03-18	1987	11178	4.048364
2020-03-19	2538	13716	4.137227
2020-03-20	3431	17147	4.234188
2020-03-21	2833	19980	4.300596
2020-03-22	4946	24926	4.396653

Podem veure que en aquesta durant aquesta última setmana el logritme no ha pujat en +1. Això és una bona notícia: encara és aviat per a afirmar-ho però sembla que les mesures han alentit el contagi.

Creem el model lineal. Tant la intersecció com el coeficient de la variable independent mostren valors de p-valor molt petits i, per tant, són significatives.

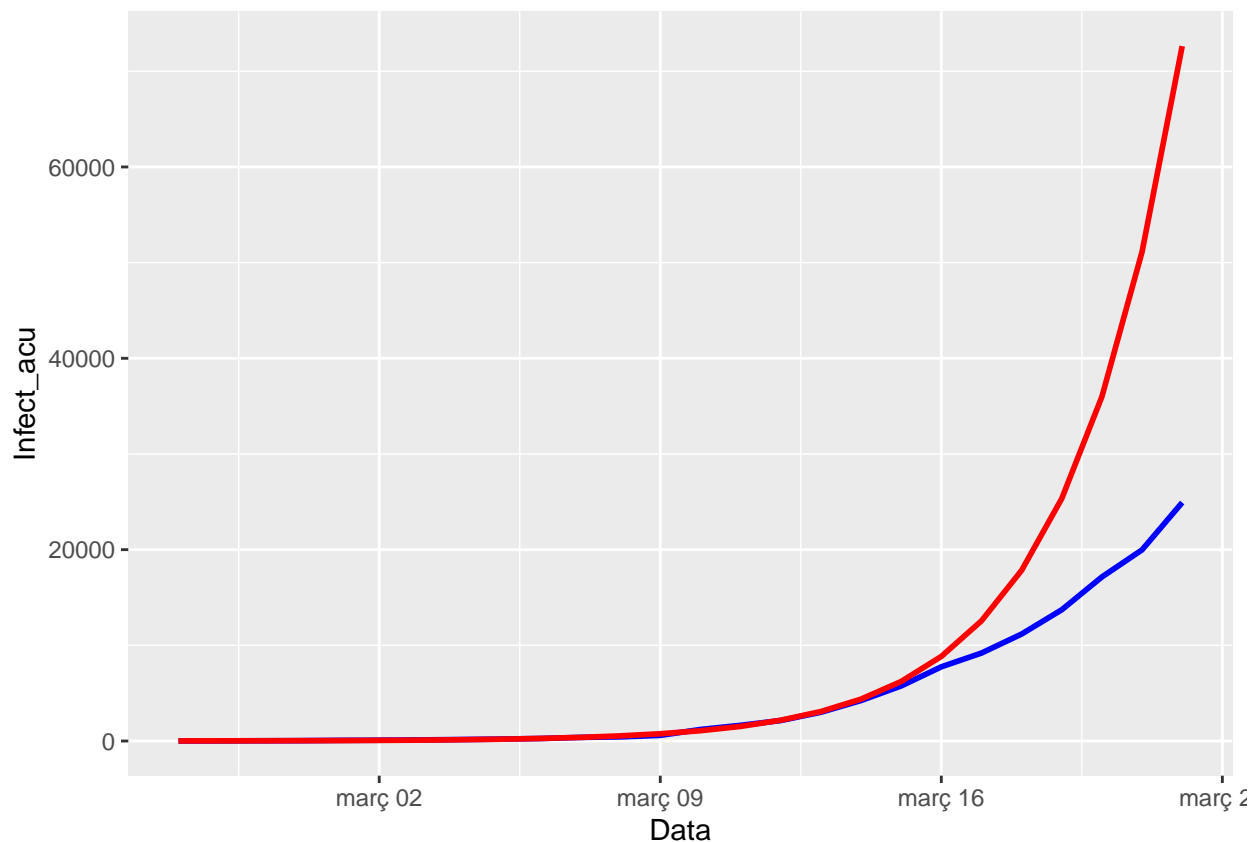
```
##
## Call:
## lm(formula = Log_Infect_acu ~ Data, data = spain2)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.204401 -0.024467 -0.001277  0.046297  0.160185
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -2791.803228    68.517222  -40.75 <0.0000000000000002 ***
## Data          0.152465     0.003739   40.78 <0.0000000000000002 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.08926 on 17 degrees of freedom
```

```
## Multiple R-squared:  0.9899, Adjusted R-squared:  0.9893
## F-statistic: 1663 on 1 and 17 DF,  p-value: < 0.00000000000000022
```

Amb aquest model calcularem el factor de creixement que abans hem estimat com a $\times 10$ cada setmana

```
## El factor de creixement a Espanya és: 1.42 . És a dir, cada dia s'identifiquen 42.06 % més casos
```

Recordem que el model representa el nombre d'infectats en cas que no s'hagués actuat contra el coronavirus. Ara contrastarem aquest model amb les dades posteriors a l'entrada en funcionament de les mesures. La línia vermella representa el valor del model, mentre que la blava són els valors reals. Veiem com el model ajusta molt bé fins al dia 16 on entren en vigor les mesures i com, un cop passat, el model prediu més casos que els que realment hi han hagut. Per tant podem dir, doncs, que les mesures de confinament sí que han servit per a estalviar-nos nous casos d'infectats, fent que el creixement exponencial sigui més lent.

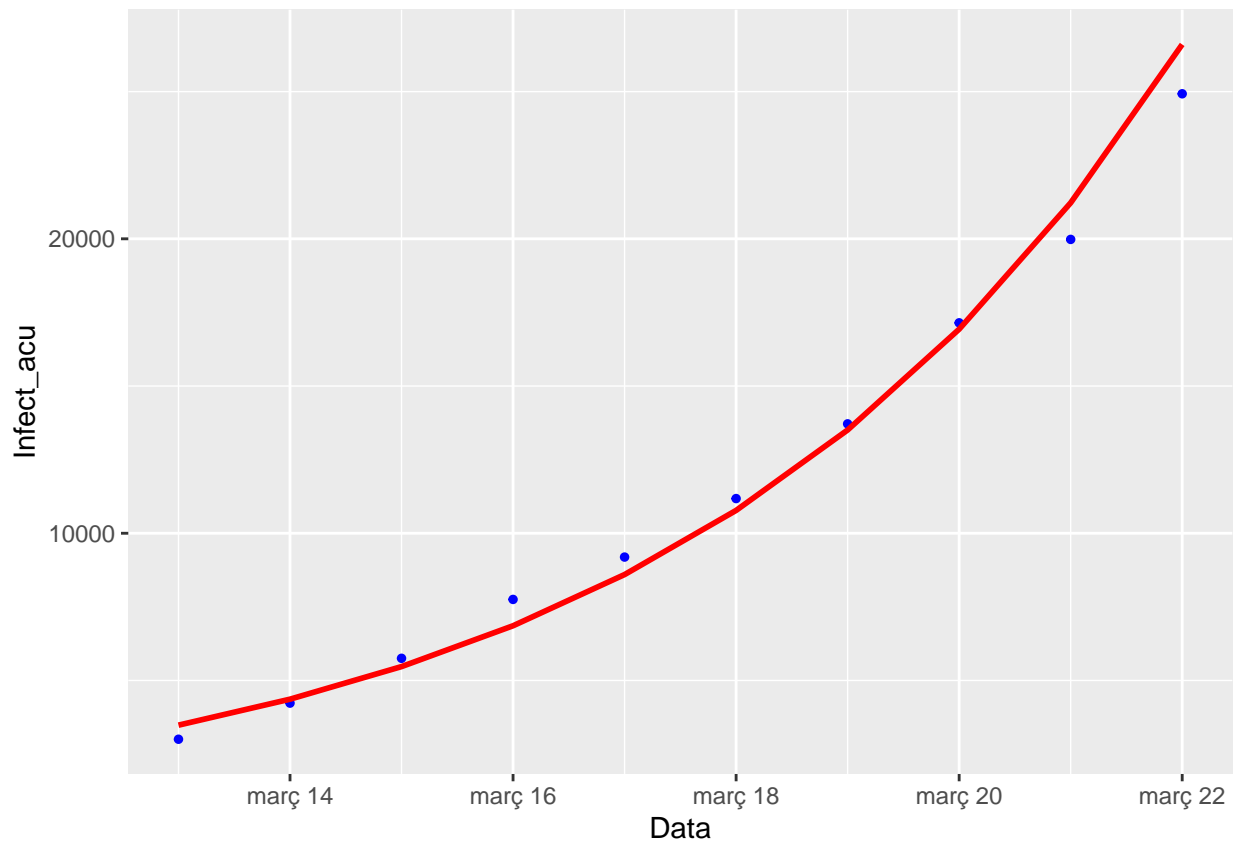


6.2. Com podem preveure que evolucioni?

Ara crearem un nou model ajustat als valors actuals. El nou model presenta també valors de p-valor molt baixos, de manera que podem acceptar que els coeficients són significatius. Intentarem predir el comportament del contagi per als propers 15 dies

```
##
## Call:
## lm(formula = Log_Infect_acu ~ Data, data = spain3)
##
```

```
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.064161 -0.023038  0.006083  0.020328  0.053256
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -1795.344046    72.331907  -24.82 0.00000000742 ***
## Data          0.098117     0.003944   24.88 0.00000000729 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.03583 on 8 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.9872, Adjusted R-squared:  0.9856
## F-statistic: 618.8 on 1 and 8 DF, p-value: 0.000000007293
```



Data	Infect_acu	Infect_Pred_acu
2020-02-26	7	94
2020-02-27	12	118
2020-02-28	25	147
2020-02-29	34	185
2020-03-01	66	231
2020-03-02	83	290
2020-03-03	114	364
2020-03-04	151	456
2020-03-05	200	571

Data	Infect_acu	Infect_Pred_acu
2020-03-06	261	716
2020-03-07	374	898
2020-03-08	430	1125
2020-03-09	589	1411
2020-03-10	1204	1768
2020-03-11	1639	2216
2020-03-12	2140	2778
2020-03-13	3004	3482
2020-03-14	4231	4365
2020-03-15	5753	5471
2020-03-16	7753	6858
2020-03-17	9191	8597
2020-03-18	11178	10776
2020-03-19	13716	13507
2020-03-20	17147	16931
2020-03-21	19980	21223
2020-03-22	24926	26602
2020-03-23	NA	33345
2020-03-24	NA	41798
2020-03-25	NA	52393
2020-03-26	NA	65673
2020-03-27	NA	82320
2020-03-28	NA	103187
2020-03-29	NA	129342
2020-03-30	NA	162128
2020-03-31	NA	203224
2020-04-01	NA	254738
2020-04-02	NA	319309
2020-04-03	NA	400247
2020-04-04	NA	501702
2020-04-05	NA	628873
2020-04-06	NA	788280
2020-04-07	NA	988094

El model ens diu que a final de més, si continuem en la fase exponencial, fregarem els 1.000.000 d'infectats. Certament és una situació que ens col·locaria pitjor que a Xina però també és molt possible que s'asoleixi a la fase d'estabilització abans del 1.000.000 d'infectats.

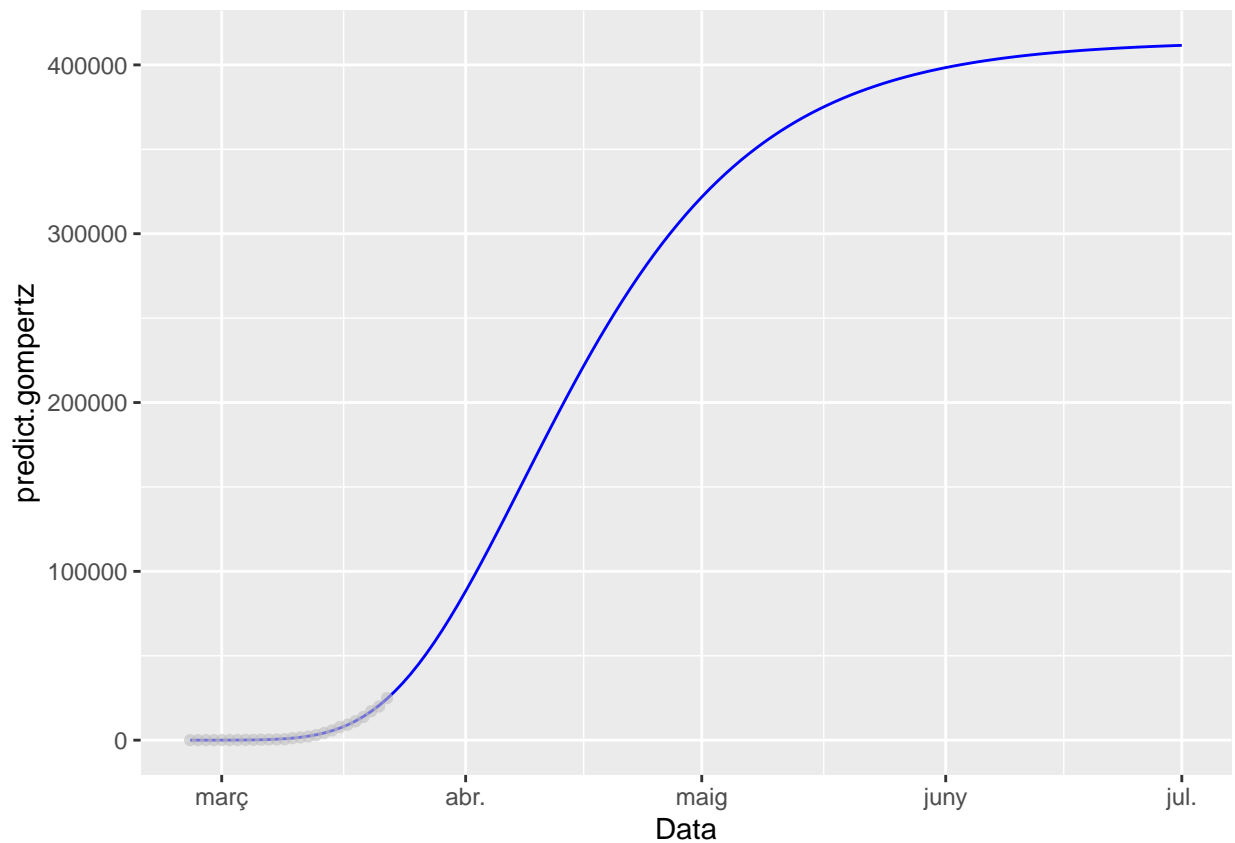
Anem a predir en quin punt es pot estabilitzar el model. Per fer-ho ajustarem les dades a una Curva de Gompertz: aquesta curva s'utilitza per modelitzar creixements de població i es pot utilitzar per predir el comportament del COVID-19 (<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2003/2003.05447.pdf>).

```
##          alpha          beta          k
## 414200.60816498  13.58584631  0.06037394

## [1]    1.155139    2.443788    4.947963    9.612589   17.962089
## [6]   32.356819   56.311784   94.871251  155.023598  246.131063
## [11]  380.340434  572.934750  842.583963 1211.455113 1705.149847
## [16] 2352.448605 3184.855119 4235.950527 5540.581556 7133.920297
## [21] 9050.442785 11322.879112 13981.188894 17051.612840 20555.844519
## [26] 24510.357206
```



```
## [1] 1.155139 2.443788 4.947963 9.612589 17.962089
## [6] 32.356819 56.311784 94.871251 155.023598 246.131063
## [11] 380.340434 572.934750 842.583963 1211.455113 1705.149847
## [16] 2352.448605 3184.855119 4235.950527 5540.581556 7133.920297
## [21] 9050.442785 11322.879112 13981.188894 17051.612840 20555.844519
## [26] 24510.357206 28925.909862 33807.244952 39152.979877 44955.683977
## [31] 51202.124936 57873.662236 64946.761245 72393.599349 80182.735234
## [36] 88279.813562 96648.279568 105250.081222 114046.340220 122997.976861
## [41] 132066.277677 141213.398248 150402.796916 159599.597910 168770.884787
## [46] 177885.926998 186916.343819 195836.210944 204622.115696 213253.167128
## [51] 221710.967422 229979.550807 238045.295968 245896.817496 253524.841452
## [56] 260922.069583 268083.036196 275003.961140 281682.601830 288118.106761
## [61] 294310.872480 300262.405603 305975.191083 311452.567592 316698.610647
## [66] 321718.023825 326516.038254 331098.320363 335470.887789 339640.033185
## [71] 343612.255646 347394.199354 350992.599059 354414.231943 357665.875428
## [76] 360754.270473 363686.089904 366467.911356 369106.194397 371607.261427
## [81] 373977.281983 376222.260087 378348.024305 380360.220207 382264.304946
## [86] 384065.543693 385769.007697 387379.573739 388901.924796 390340.551743
## [91] 391699.755915 392983.652408 394196.173980 395341.075453 396421.938493
## [96] 397442.176714 398405.041004 399313.625011 400170.870745 400979.574233
## [101] 401742.391181 402461.842624 403140.320518 403780.093247 404383.311042
## [106] 404952.011267 405488.123584 405993.474969 406469.794576 406918.718442
## [111] 407341.794034 407740.484623 408116.173495 408470.167996 408803.703411
## [116] 409117.946675 409413.999932 409692.903923 409955.641232 410203.139378
## [121] 410436.273753 410655.870435 410862.708849 411057.524307 411241.010416
## [126] 411413.821367 411576.574106
```

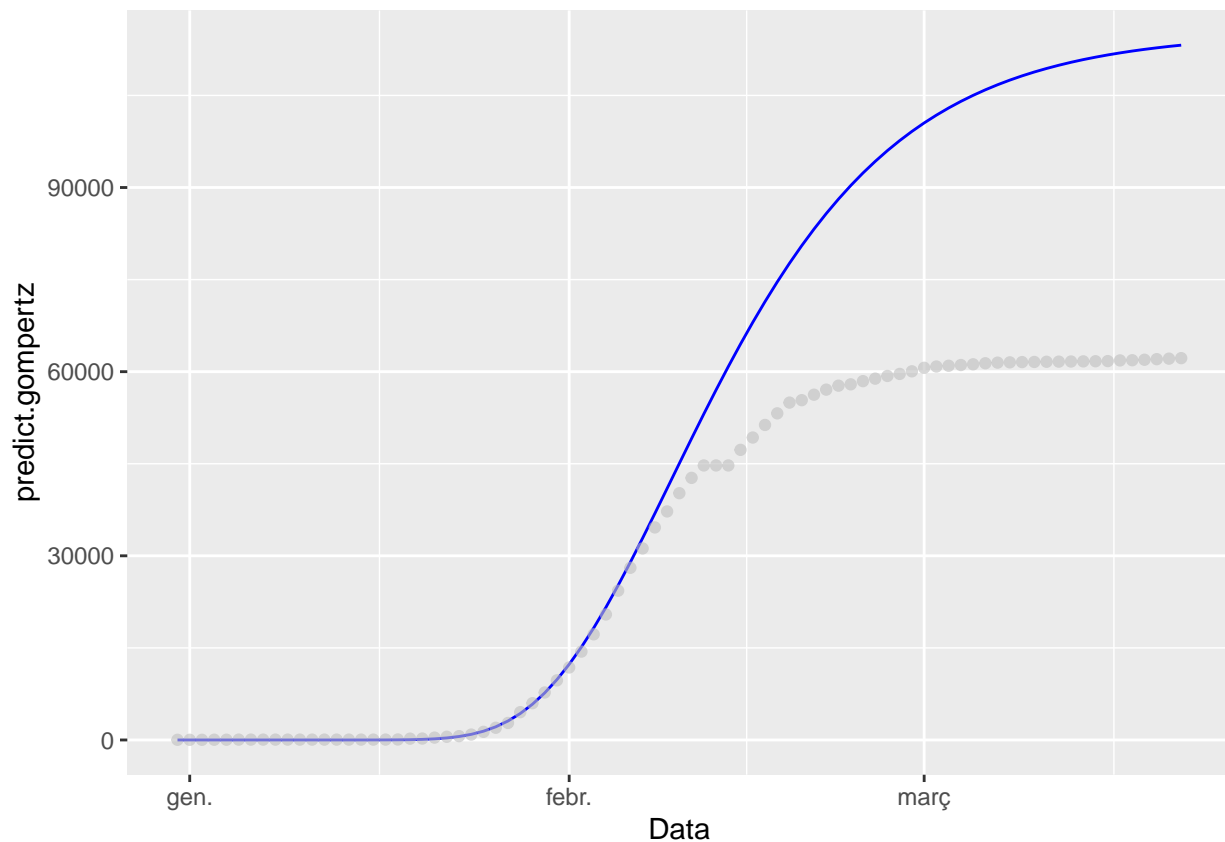


En l'anterior gràfic es pot apreciar que el punt d'establització es donarà a Espanya a l'entorn dels 400.000 infectats i es donarà a principis de Juny. Cal mencionar que aquest punt d'establització és molt més superior al de Xina que es situa sobre els 60.000-70.000. Això pot ser degut al fet que encara estem en una fase inicial del creixement exponencial i això afecta a les prediccions. Aplicarem el mateix model a Xina i, per equiparar-ho amb Espanya, l'entrenarem amb els valors dels primers dies de creixement exponencial.

##	alpha	beta	k
##	115256.38641309	53.71178077	0.09633599
##	[1]	0.0000000000000007538574	0.0000000000000665100164
##	[3]	0.00000000000038886507526	0.00000000001564716165584
##	[5]	0.00000000044843602323121	0.00000000944340247198237
##	[7]	0.00000015031811779982456	0.00000185571737035624447
##	[9]	0.00001818727581047471331	0.00014453911064435918683
##	[11]	0.00094956796312506191928	0.00524786720516573750722
##	[13]	0.02478857262642106956685	0.10153004484181997468806
##	[15]	0.36534177363686909378870	1.16877463012751814375179
##	[17]	3.36031151690607376991693	8.76809941734000375390679
##	[19]	20.94966882343323177906314	46.20701812156134025144638
##	[21]	94.77383513036039630605956	181.97692070462466062963358
##	[23]	329.09630533335217705825926	563.63551874254767426464241
##	[25]	918.78243243044335031299852	1431.98015584303493596962653
##	[27]	2142.69960587833020326797850	3089.66322853986548579996452
##	[29]	4307.87266769811139965895563	5825.82106233075683121569455
##	[31]	7663.22491578264362033223733	9829.51081786498798464890569
##	[1]	0.0000000000000007538574	0.0000000000000665100164
##	[3]	0.00000000000038886507526	0.00000000001564716165584
##	[5]	0.00000000044843602323121	0.00000000944340247198237
##	[7]	0.00000015031811779982456	0.00000185571737035624447
##	[9]	0.00001818727581047471331	0.00014453911064435918683
##	[11]	0.00094956796312506191928	0.00524786720516573750722
##	[13]	0.02478857262642106956685	0.10153004484181997468806
##	[15]	0.36534177363686909378870	1.16877463012751814375179
##	[17]	3.36031151690607376991693	8.76809941734000375390679
##	[19]	20.94966882343323177906314	46.20701812156134025144638
##	[21]	94.77383513036039630605956	181.97692070462466062963358
##	[23]	329.09630533335217705825926	563.63551874254767426464241
##	[25]	918.78243243044335031299852	1431.98015584303493596962653
##	[27]	2142.69960587833020326797850	3089.66322853986548579996452
##	[29]	4307.87266769811139965895563	5825.82106233075683121569455
##	[31]	7663.22491578264362033223733	9829.51081786498798464890569
##	[33]	12323.16716442349570570513606	15131.94834376553262700326741
##	[35]	18233.81955599074353813193738	21598.46564015639887657016516
##	[37]	25189.15886716132445144467056	28964.78365717522319755516946
##	[39]	32881.84192974136385601013899	36896.30168889566266443580389
##	[41]	40965.19490840726939495652914	45047.91231134961708448827267
##	[43]	49107.17809113499970408156514	53109.71499129264702787622809
##	[45]	57026.62909388494153972715139	60833.55490655930043430998921
##	[47]	64510.60623160290560917928815	68042.17840578009781893342733
##	[49]	71416.64432565205788705497980	74625.98152540238515939563513
##	[51]	77665.36148986349871847778559	80532.72612476714130025357008
##	[53]	83228.37038013456913176923990	85754.54473670486186165362597

```
## [55] 88115.08676789283344987779856 90315.08731775920023210346699
## [57] 92360.59395229147048667073250 94258.35216720530297607183456
## [59] 96015.58326987535110674798489 97639.79678980456083081662655
## [61] 99138.63460953491448890417814 100519.74365443199349101632833
## [63] 101790.67385641850705724209547 102958.79814796579012181609869
## [65] 104031.25139577723166439682245 105014.88540745613863691687584
## [67] 105916.23740781332890037447214 106741.50966137734940275549889
## [69] 107496.55819783346669282764196 108186.88886649912456050515175
## [71] 108817.65919753327034413814545 109393.68477737599459942430258
## [73] 109919.44905211200239136815071 110399.11565477518888656049967
## [75] 110836.54251182787993457168341 111235.29712158121401444077492
## [77] 111598.67251497581310104578733 111929.70350889710243791341782
## [79] 112231.18294607418647501617670 112505.67768557036470156162977
## [81] 112755.54416576218500267714262 112982.94340922166884411126375
## [83] 113189.85537759278668090701103
```

```
ggplot(data_f, aes(x= Data))+
  geom_line(aes(y=predict.gompertz),color="blue")+
  geom_point(aes(y=Infect_acu), color="grey", alpha=0.6)
```



Com podem veure, el model sobre estima els nombre total de casos a la Xina, de manera que podem pensar que en el cas d'Espanya també s'està sobreestimant. Vol dir això que el model de Gompertz no és adequat? La resposta és no, el model encara disposa de poques dades per a poder-lo entrenar, caldrà veure com evoluciona en els propers dies i ajustar-lo. De fet, si apliquem el model a la totalitat de les dades de Xina (grafica següent), veiem com presenta una estimació força acurada.

```
##          alpha          beta          k
```

[illegible]

[24] 256.014915432635746128653408959507942199707031250000000000000000
[25] 516.16782337642860056803328916430473327636718750000000000000000
[26] 951.56268860037073409330332651734352111816406250000000000000000
[27] 1622.439283189408797625219449400901794433593750000000000000000
[28] 2584.128463790709702152526006102561950683593750000000000000000
[29] 3878.390649683169613126665353775024414062500000000000000000000
[30] 5526.825754703726488514803349971771240234375000000000000000000
[31] 7527.678415149040120013523846864700317382812500000000000000000
[32] 9856.318618669583884184248745441436767578125000000000000000000
[33] 12468.781570277127684676088392734527587890625000000000000000000
[34] 15307.239453321815744857303798198699951171875000000000000000000
[35] 18306.178309224967961199581623077392578125000000000000000000000
[36] 21398.253964528463257011026144027709960937500000000000000000000
[37] 24519.14625115741000627167522907257080078125000000000000000000
[38] 27611.08859385909818229265511035919189453125000000000000000000
[39] 30625.039771888150426093488931655883789062500000000000000000000
[40] 33521.655777329498960170894861221313476562500000000000000000000
[41] 36271.316411082181730307638645172119140625000000000000000000000
[42] 38853.485282146801182534545660018920898437500000000000000000000
[43] 41255.659262336674146354198455810546875000000000000000000000000
[44] 43472.117039048942388035356998443603515625000000000000000000000
[45] 45502.622832748005748726427555084228515625000000000000000000000
[46] 47351.190886001015314832329750061035156250000000000000000000000
[47] 49024.974152963673986960202455520629882812500000000000000000000
[48] 50533.308364406104374211281538009643554687500000000000000000000
[49] 51886.919862710245070047676563262939453125000000000000000000000
[50] 53097.290819710840878542512655258178710937500000000000000000000
[51] 54176.166870095767080783843994140625000000000000000000000000000
[52] 55135.188092061143834143877029418945312500000000000000000000000
[53] 55985.623186571167025249451398849487304687500000000000000000000
[54] 56738.187509357325325254350900650024414062500000000000000000000
[55] 57402.927464197047811467200517654418945312500000000000000000000
[56] 57989.156099067993636708706617355346679687500000000000000000000
[57] 58505.427187383109412621706724166870117187500000000000000000000
[58] 58959.537402013083919882774353027343750000000000000000000000000
[59] 59358.548281108443916309624910354614257812500000000000000000000
[60] 59708.821491371636511757969856262207031250000000000000000000000
[61] 60016.062408788005996029824018478393554687500000000000000000000
[62] 60285.368276051907741930335760116577148437500000000000000000000
[63] 60521.278189764350827317684888839721679687500000000000000000000
[64] 60727.82295348118350375443696975708007812500000000000000000000
[65] 60908.573439510902971960604190826416015625000000000000000000000
[66] 61066.686565143274492584168910980224609375000000000000000000000
[67] 61204.948336122943146619945764541625976562500000000000000000000
[68] 61325.813665894165751524269580841064453125000000000000000000000
[69] 61431.442863590622437186539173126220703125000000000000000000000
[70] 61523.734813371534983161836862564086914062500000000000000000000
[71] 61604.356955704548454377800226211547851562500000000000000000000
[72] 61674.772238011995796114206314086914062500000000000000000000000
[73] 61736.263235894832178018987178802490234375000000000000000000000
[74] 61789.953663242144102696329355239868164062500000000000000000000
[75] 61836.827494753531937021762132644653320312500000000000000000000
[76] 61877.745921402172825764864683151245117187500000000000000000000
[77] 61913.462350884183251764625310897827148437500000000000000000000

```
ggplot(data_f, aes(x= Data))+  
  geom_line(aes(y=predict.gompertz),color="blue")+  
  geom_point(aes(y=Infect_acu), color="grey", alpha=0.6)
```



- Tant Espanya com Itàlia es troben encara en fase de creixement exponencial
- Xina i Corea del Sur sembla que ja es troben en una fase d'estabilització i tenen controlat al virus.
- Es sorprenen el cas de Corea del Sur, on els efectes del COVID-19 són mínims en comparació a la resta de països. Per saber com ho han fet: <https://www.youtube.com/watch?v=4ESWLnxYZUo>
- Itàlia ens porta una setmana de ventatja, si es manté aquesta tendència, cal esperar que la fase d'estabilització es doni una setmana més tard que a Itàlia
- Sembla que la primera setmana de mesures a Espanya ha tingut el seu efecte i a realentitzat l'expansió del virus.

- La corva de Gompertz ajusta i descriu força bé les etapes de creixement i expansió del virus, tal i com s'ha vist en el cas de Xina. Encara és massa aviat per utilitzar aquest model per predir quan s'estabilitzarà l'expansió a Espanya