

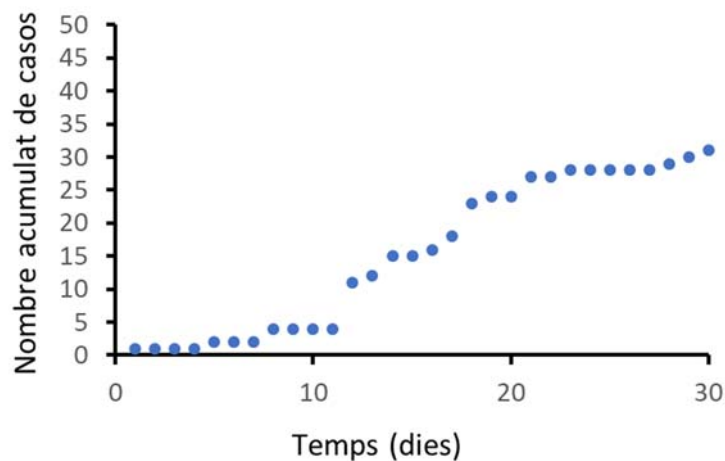
COVID-19: algunes gràfiques per entendre el que està passant

*Un document per a què els professors de ciències i matemàtiques
puguin explicar l'epidèmia als seus estudiants,
o per a les persones amb ganes d'entendre que està passant.*

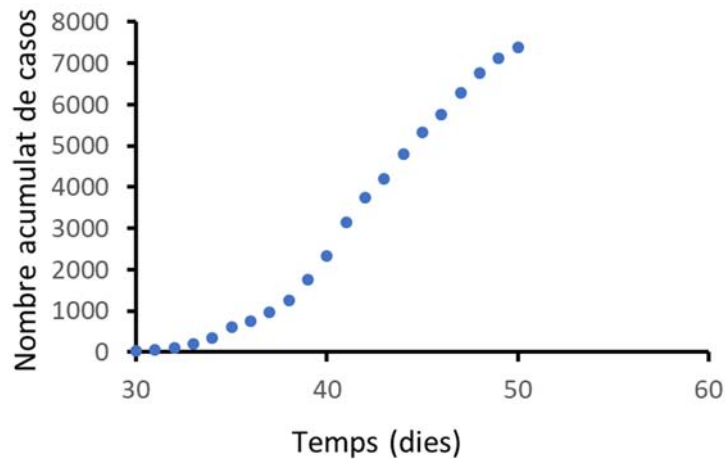
La pandèmia que estem vivint ens està provocant problemes importants. Per tant, té molt interès poder entendre com serà l'evolució del nombre de casos els propers dies i setmanes. En aquest document us proposem revisar l'evolució de l'epidèmia a *Corea del Sud* atès que allà el procés va començar abans i ens serveix per veure el tipus de comportament previsible. Utilitzarem algunes gràfiques per entendre cada una de les idees que volem transmetre. El primer cas a Corea va ser diagnosticat el 20 de gener de 2020, aquest serà el dia 1 a totes les gràfiques.

1. Mirem inicialment com ha evolucionat el nombre de casos al llarg del temps:

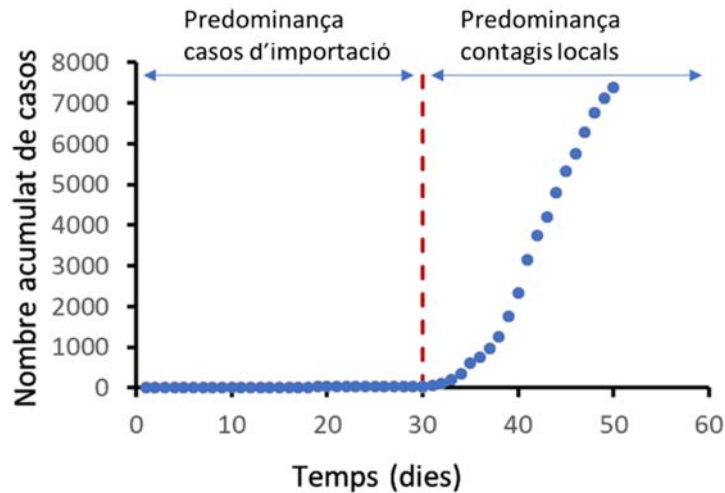
Podem dividir l'evolució en dues etapes. Una primera on el nombre de casos són predominantment d'importació, persones que han arribat infectades d'altres països:



I una segona etapa on predominin els contagis locals:



Cal fixar-se en l'eix d'ordenades, que és molt diferent en les dues gràfiques. Hem separat les dues etapes per poder mostrar el que estava passant durant els 30 primers dies. Si ho mostrem tot alhora:

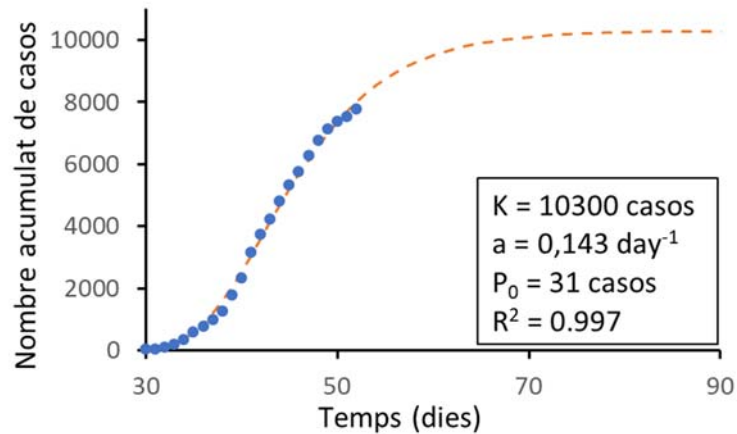


2. Podem preveure com seguirà evolucionant?

Hem comprovat que la funció de Gompertz reproduïx força correctament el comportament al llarg del temps del nombre total de casos acumulats. La funció de Gompertz és semblant a la funció logística i a altres funcions que s'utilitzen per descriure el creixement de sistemes (per exemple, el creixement de la població d'un país o el creixement d'un tumor). És una funció sigmoïdal que té tres paràmetres: el valor inicial (N_0), el valor màxim (K) i un paràmetre que determina la velocitat de creixement (a). La funció és:

$$N(t) = K e^{-\ln\left(\frac{K}{P_0}\right) \cdot e^{-at}}$$

Ajustar una funció vol dir trobar els valors dels paràmetres que fan que el comportament de la funció s'acosti el màxim possible als valors experimentals. R^2 és un coeficient que mesura si l'ajust és bo o no, com més proper sigui a 1 millor és l'ajust.



A la figura, la línia discontinua ens mostra la previsió de la funció de Gompertz. Observem que la previsió indica que el creixement continuarà sent força important fins el dia 70, aproximadament. A Corea estan fent un bon control; per tant, el fet de que el nombre de casos segueixi augmentant no vol dir que l'epidèmia estigui descontrolada.

La previsió cal revisar-la cada dia, ja que només és vàlida a curt termini. En afegir un punt podem tornar a realitzar l'ajust i així millorar la nostra previsió. Els models matemàtics de sistemes complexos no són una bola de vidre! Ajuden a entendre i a preveure, però no són totalment deterministes.

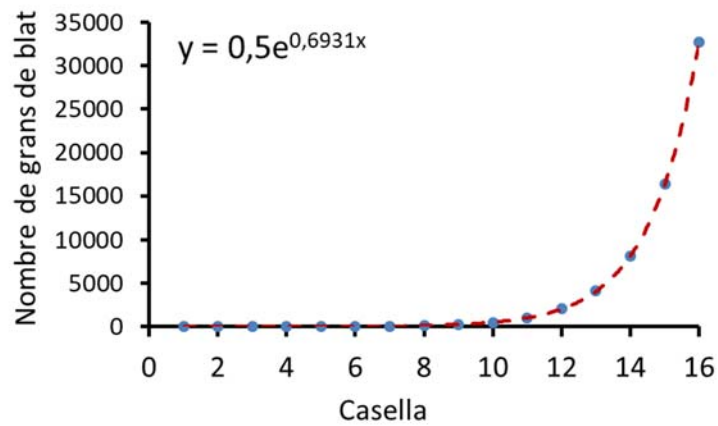
3. El nombre de casos creix exponencialment? No!!!

Segurament tothom recorda el mite de l'origen dels escacs: el creador del joc va demanar per pagar el seu treball 1 gra de blat per la primera casella, 2 per la segona, 4 per la tercera, i així successivament.

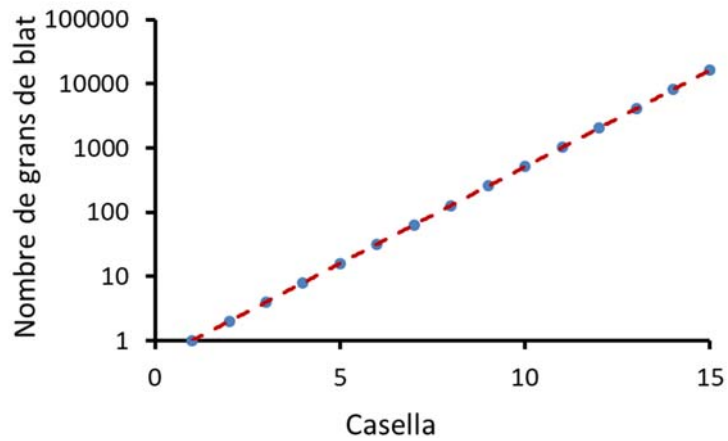


Semblava inicialment un preu molt baix per un joc tant entretingut, però realment ningú podria arribar a pagar un preu tant alt! A la darrera casella s'hi hauria de col·locar 2^{64} grans, que correspon aproximadament a $9 \cdot 10^8$ grans (un 9 seguit de 18 zeros, 9 milions de milions de milions de grans de blat!). De fet, això correspon a un creixement exponencial: 2, 4, 8, 16, 32, 64,...

A la figura següent hem representat el nombre de grans de blat a col·locar a les 16 primeres caselles:

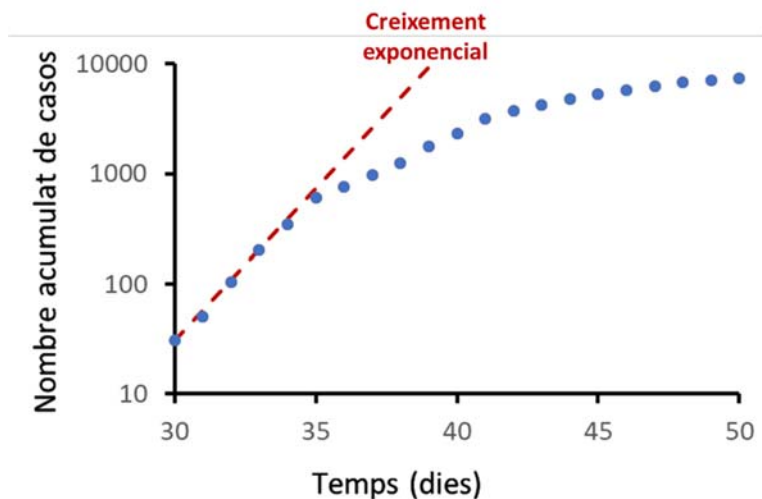


La línia discontinua és la funció exponencial que s'ajusta perfectament a aquest conjunt de punts. Una altra forma de representar una funció exponencial és representar el logaritme dels valors o utilitzat un eix logarítmic, com en la figura següent:



Fixeu-vos que en l'eix de les y la distància de 1 a 10, de 10 a 100, de 100 a 1000,... és sempre la mateixa. Veiem que, en representar una funció exponencial utilitzant l'eix d'ordenades amb una escala logarítmica, el resultat és una recta.

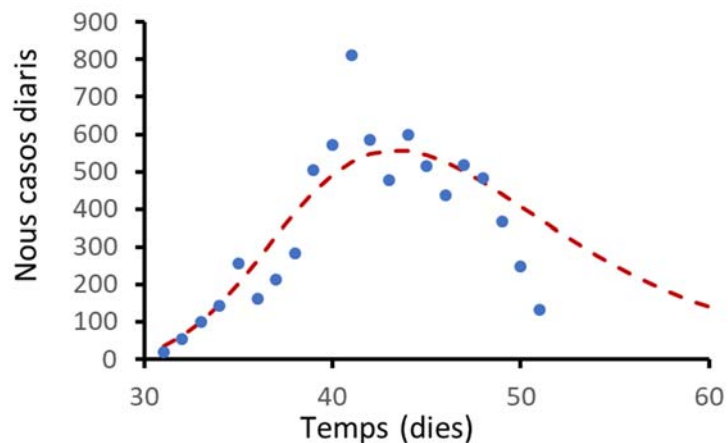
Anem a comprovar si l'epidèmia de Covid-19 a Corea del Sud segueix un creixement exponencial. En representar el nombre acumulat de casos utilitzant una escala logarítmica observem que, malgrat els primers punts poden semblar que obeeixen un comportament exponencial, el comportament al llarg del temps no ho és.



De fet, el nombre de casos creix més lentament que un creixement exponencial. Aquesta disminució en la velocitat del creixement és deguda a les activitats de confinament i vigilància per controlar l'epidèmia.

4. *Cada dia es diagnostiquen més casos... està descontrolat? No!!!*

A la figura següent representem el nombre de casos nous trobats cada dia. Veiem que en l'epidèmia hi ha dues etapes, una primera on el nombre de nous casos creix cada dia, i una segona on disminueix el nombre diari de nous casos. És la dinàmica que s'observa també com conseqüència del treball de confinament de persones que poden estar infectades i de la vigilància de les que estan malaltes.



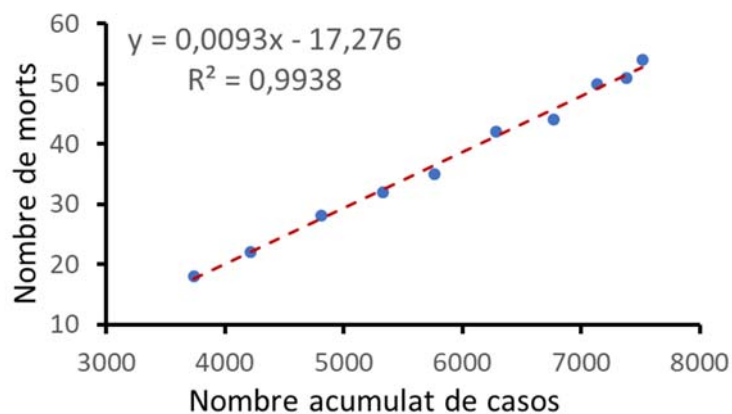
La línia discontinua és el resultat que obtenim utilitzant l'equació de Gompertz.

Hem de ser pacients. A Catalunya i a Espanya també viurem el mateix procés, encara que ara sigui difícil de pair que el nombre de casos diagnosticats sigui cada cop més gran. S'estan prenent mesures de contenció, i l'etapa de descens acabarà arribant!

5. Ens morirem tots? No!!!

La mortalitat a Corea és força baixa, moren de l'ordre del 0,7 % dels malalts. La mortalitat a cada país pot ser diferent, depèn de molts factors: de la distribució d'edats de la població, de la capacitat de l'assistència sanitària, de la taxa de diagnòstics (sobretot entre els casos asimptomàtics i lleus)... però, en qualsevol cas, és una mortalitat mitjana petita. No és una epidèmia que hagi de fer davallar la població. Realment, en la major part de casos és una malaltia lleu. Lamentablement, la mortalitat és bastant superior a la mitjana per persones grans i malalts amb patologies prèvies importants fent que hi hagi un percentatge elevat de necessitats hospitalàries en els casos greus. Si l'epidèmia és molt ràpida, el nombre d'Unitats de Cures Intensives podria no ser suficient per tots els pacients. Per això és necessari establir mesures que disminueixin el creixement de l'epidèmia i permetin garantir que l'atenció hospitalària arribi a tot aquell que ho necessiti.

A la figura següent representem el nombre de morts a Corea front al nombre acumulat de casos, i comprovem que hi ha una correlació lineal.



Hem vist com amb l'ajuda de les matemàtiques i de representacions gràfiques podem començar a entendre que està passant.

6. I per concloure...

Malgrat els problemes econòmics i socials, malgrat els problemes de salut i la mortalitat, podem també veure una part positiva. Per primer cop a la història de la humanitat vivim una pandèmia amb informació diària i amb bons sistemes de control i vigilància de salut pública. És un privilegi viure al segle XXI.

El COVID-19 ens ha de servir també per recordar que no hem d'oblidar a totes les altres malalties infeccioses que causen epidèmies, algunes d'elles molt pitjors que el COVID-19. La tuberculosi causa un milió i mig de morts a l'any, al món. A Catalunya es detecten anualment uns 1.200 casos de tuberculosi, un valor encara molt gran. El xarampió el 2018 va causar al món més de 140.000 morts i està tenint efectes catastròfics en alguns països com la República Democràtica del Congo on, del 31/XII/2018 al 5/II/2020, va provocar 334.360 casos i 6.326 morts. L'epidèmia

de dengue a Amèrica Llatina va causar més de 3 milions de casos durant 2019. Els virus i les bactèries no hi entenen de fronteres. L'actual epidèmia de COVID-19 ens ha ensenyat que la cooperació i el treball mutu són totalment necessaris per la seguretat de tots.