

# Prediciendo la cuarta ola

**Resumen:** En este proyecto se explica cómo funciona de forma matemática una pandemia. También se hace y se presenta la línea que tiende a seguir la cuarta ola del SARS-CoV-2, y recogiendo esos datos se realiza un modelo que predice la variación de infectados en Madrid después del pico de la cuarta ola. Por último, se comprueba su fiabilidad. El modelo en cuestión está realizado solo utilizando valores matemáticos, es decir, no se tendrán en cuenta factores como las vacunas, las vacaciones, el toque de queda o el aumento de viajes.

**Nota:** Para una mejor comprensión, se recomienda leer a la par el documento Excel que acompaña a este documento.

**Palabras clave:** pandemia, ola (pandemia), pico (pandemia) número de Euler, número reproductivo, media, error cuadrático medio, línea de tendencia.

**Antecedentes:** Una **pandemia** es la propagación mundial de una nueva enfermedad (OMS).

“El término '**ola**' no es un término científico en sí,” explica María Elisa Calle [...] “sino la vulgarización de un incremento de la incidencia sobre un periodo previo [...]”. “Es algo mucho más periodístico que técnico”, añade Pedro Gullón Tosio, [...]. (maldita.es)

$R_0$  [**número reproductivo**] es el número con el que los epidemiólogos miden cómo un patógeno se multiplica a través de una población. (gizmodo.com)

“En el área de las matemáticas, podemos definir el **número e** como la base de la función exponencial natural [...]. El número es [...] irracional debido a que [...] sus decimales son infinitos.” (eustron96.com)

Una línea de tendencia es una recta que marca la tendencia de un activo. (economipedia.com)

**Discusión:** Ya hemos sufrido tres olas de la pandemia del SARS-CoV-2, y ha pasado más de un año desde que por primera vez oímos en el telediario el nombre de este extraño virus. A pesar de esto, la pandemia no ha acabado todavía, y ahora estamos en la llamada “cuarta ola”. Muchos son los que se preguntan cuándo el número de contagiados no será lo suficientemente relevante para aparecer en las noticias. En este proyecto, se intentará hallar de forma matemática la respuesta a esta pregunta que tanto nos abruma.

## **1) Se seleccionan los datos (Excel: hojas 1 y 2)**

Lo primero que tenemos que hacer es coger datos oficiales sobre el número de contagios con los que poder trabajar. Los que se han utilizado en este proyecto son los del Instituto Nacional Carlos III, cuya última actualización fue el 27 de abril. A continuación se abren los datos en Excel.

Como solo vamos a trabajar con los contagiados de la Comunidad de Madrid, se hace un filtro (función Filtro de Excel) y se escogen solo los datos de esa comunidad. Después se copian y pegan en otra hoja (hoja 2), para facilitar el manejo de los datos. El siguiente paso es mirar a partir de qué día el número de contagios va a ser considerado parte de la 4ª ola. Para recibir

apoyo visual, se construye un gráfico con los datos (Gráfico 1). El punto de partida escogido en este proyecto es el 13 de marzo.

## 2) Se hace el modelo (Excel: hoja 3)

Para hacer el modelo, primero se cogen los datos del 13 de marzo en adelante y se pegan en una nueva hoja (hoja 3). A continuación, se hace un gráfico (Gráfico 2) para ayudarnos a encontrar el pico. Como se puede observar, la ola no es muy pronunciada, sino que tiene forma de semicírculo. Por esta razón, el pico no es muy evidente y parece estar formado por el número de contagios desde el 3 hasta el 19 de abril. Por ello, hacemos la media de los días, y nos queda que el pico es el día 12,5, es decir, el 13 de abril.

Ahora se numeran los días antes y después del pico, como se puede ver en las columnas D y E, y se hace un gráfico con los casos a la derecha y a la izquierda del pico. En las opciones del gráfico se selecciona “agregar línea de tendencia exponencial”, “presentar ecuación en el gráfico” y “presentar el valor R cuadrado en el gráfico” (gráficos 3 y 4).

La ecuación en el gráfico es la ecuación que expresa el valor de x e y en la línea de tendencia que se ha añadido.  $R^2$  es el margen de error de la línea de tendencia respecto a la ola real. Como se puede observar, el margen de error de antes del pico es mayor, porque este tiene más variaciones que los casos después del pico.

Para calcular el número de casos según la ecuación de la recta de Excel, se tiene que escoger un valor para x, y el valor que le corresponda a y serán las personas contagiadas.

El valor de x utilizado serán los días que hemos numerado antes. Los resultados se pueden ver en las columnas G y H. A continuación, se ha calculado el número reproductivo del virus, es decir, a cuánta gente contagia una persona según nuestro modelo. Esto se obtiene dividiendo el número de casos actual entre el anterior. Si el numerador (nº de casos actual) es mayor que el anterior, significa que los casos están creciendo y el número resultante será mayor que cero. Por el contrario, si sale un número menor que cero, significa que los casos están bajando.

En este caso, antes del pico el número reproductivo es 1,02, por lo que la ola sube de forma muy lenta, y baja de la misma forma después del pico, con un 0,96 como número reproductivo.

Si seguimos añadiendo más días y calculamos el valor de y (número de contagiados) para cada uno de ellos, nos sale que el día número 173 después del pico, es decir, el dos de octubre, los contagiados en Madrid habrán alcanzado el valor cero.

## 3) Se comprueba su fiabilidad (Excel: hoja 4)

Si comparamos los casos del modelo con los de la ola real, se ve que no son exactamente iguales. Para calcular el margen de error del modelo entero, no basta con sumar el  $R^2$  de las dos ecuaciones de la línea de tendencia y hacer la media. En este caso, lo que hay que hacer es restar el número de casos reales que hay cada día menos los casos equivalentes a ese día del modelo de Excel, y todo ello elevarlo al cuadrado. Una vez tengamos el error cuadrático medio de todos los días, se hace la media, y el número resultante es 78.695,2.

Este dato en sí no nos aporta mucha información. Si queremos saber cuán bueno es el modelo, tendremos que compararlo con otro modelo, que o bien sea el mejor de todos o bien el peor.

En este proyecto se ha decantado por el peor. Para ello necesitamos un modelo en el cual la  $x$  solo tome un valor, que será la media de los casos reales (1576,6).

Ahora se calcula el error cuadrático medio del peor modelo posible de la misma forma que se calculó el error del modelo de Excel, y hacemos la media. El número que queda es 166.847,4. Como es lógico, el error resultante es muchísimo mayor que el de nuestro modelo inicial.

Por último, tenemos que comparar estos dos errores para saber la fiabilidad de nuestro modelo. Para ello hacemos el error cuadrático medio de los errores. El resultado es un 47% (se multiplica la cifra que nos ha salido, un 0,47 por 100 para averiguar el porcentaje), pero como la comparación es con el peor modelo posible, este porcentaje nos indica lo “malo” que es nuestro modelo. Para saber el porcentaje de “acierto”, le restamos a 0,47 la unidad, y nos da 0,53. Por lo tanto, este modelo tiene una tasa de acierto del 53%.

**Conclusión:** La intención de este proyecto es, como ya he dicho antes, explicar cómo es una pandemia de forma matemática, y con ello ver por qué es tan esencial limitar los contagios. Con modelos matemáticos o sin ellos, es importante saber que todavía queda bastante tiempo hasta que esta pandemia se quede solo como un mal recuerdo y un virus más en la lista de enfermedades. Por ello, aunque las vacunas puedan acelerar el proceso, debemos de intentar que el número reproductivo del virus baje lo máximo posible siguiendo las recomendaciones sanitarias. Si cada uno pone su granito de arena, seremos capaces de hacer que este valor no vuelva a subir del cero, y por lo tanto, poder volver a respirar tranquilos.

Anexos:

Gráfico 1:



Gráfico 2:

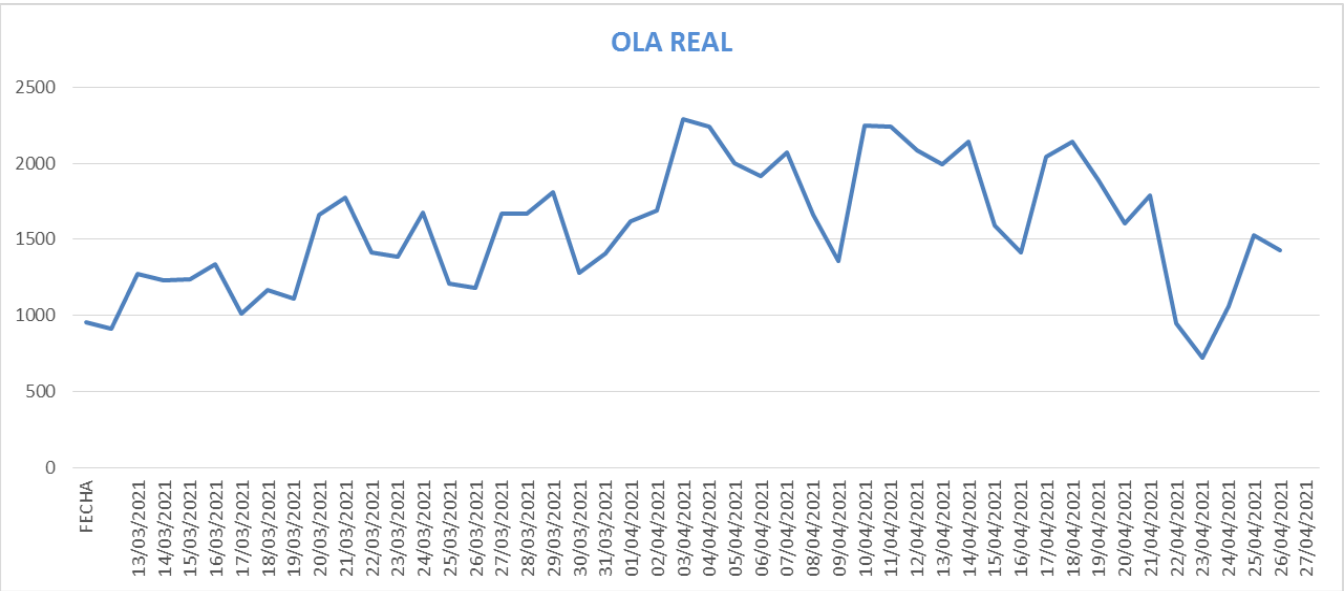


Gráfico 3:

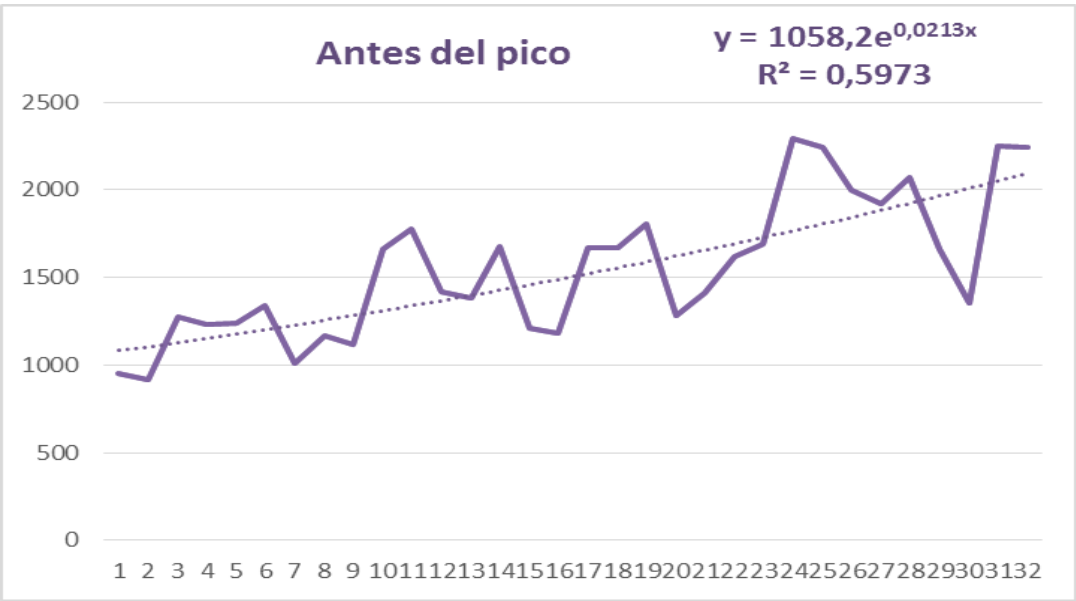


Gráfico 4:

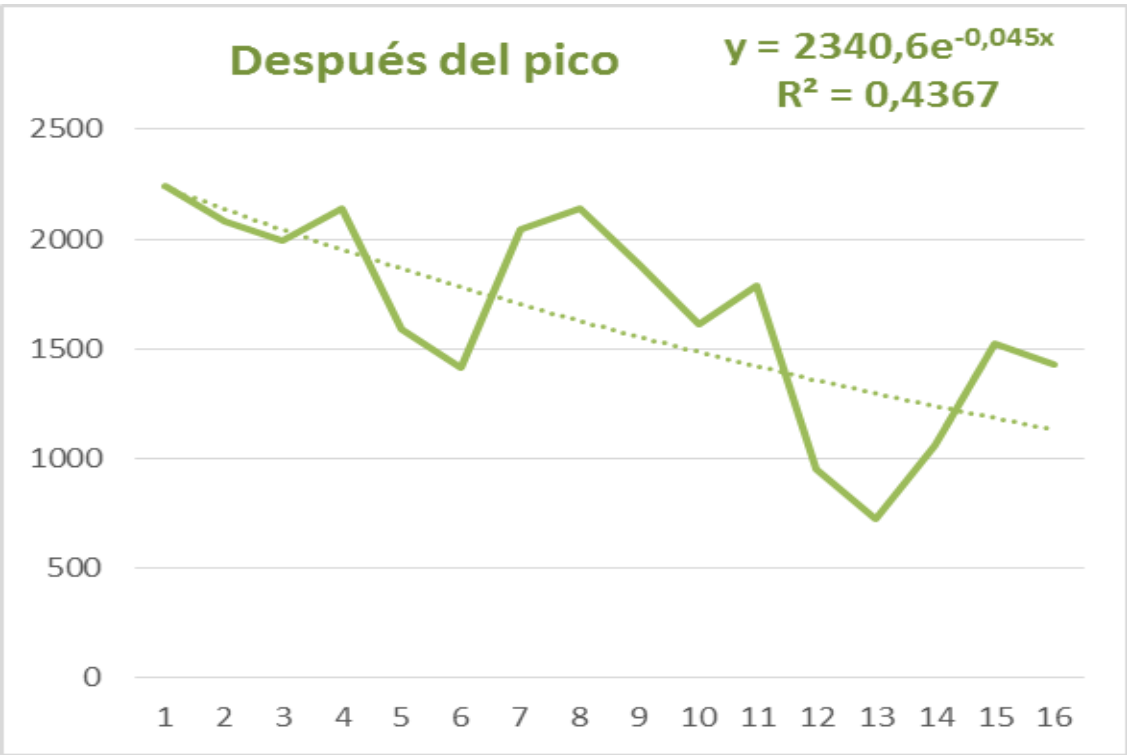
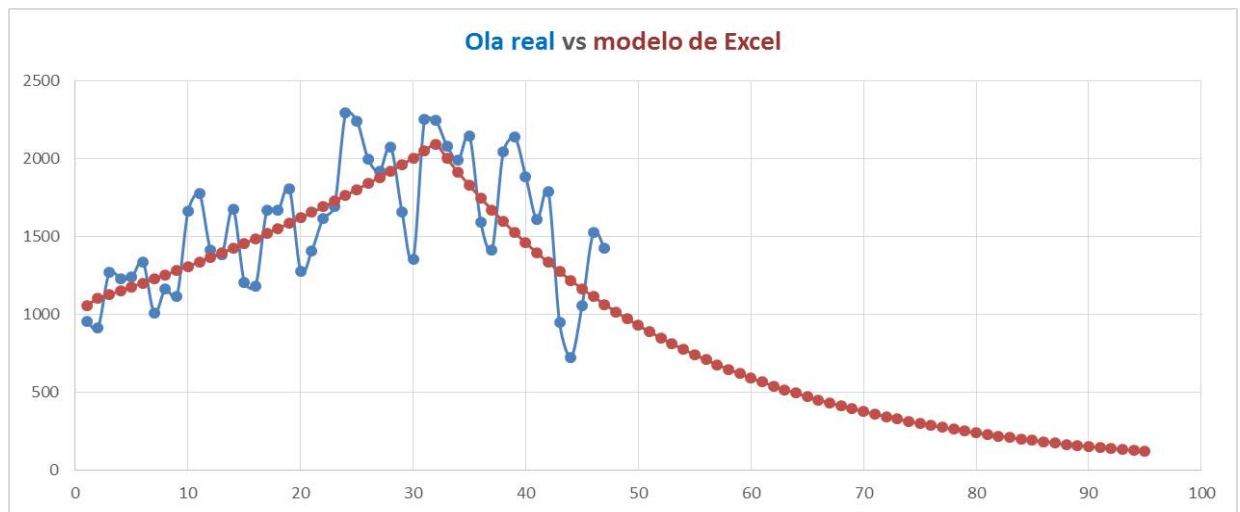


Gráfico 5



### Bibliografía:

#### Datos (Instituto Nacional Carlos iii):

<https://cnecovid.isciii.es/covid19/>

<https://cnecovid.isciii.es/covid19/#documentaci%C3%B3n-y-datos>

#### Antecedentes:

[https://www.who.int/csr/disease/swineflu/frequently\\_asked\\_questions/pandemic/es/](https://www.who.int/csr/disease/swineflu/frequently_asked_questions/pandemic/es/)

<https://maldita.es/malditateexplica/20210118/ola-covid19-tercera-coronavirus/>

<https://es.gizmodo.com/que-es-el-numero-r0-de-un-virus-y-por-que-es-tan-import-1841299256>

<https://www.euston96.com/numero-e/>

<https://economipedia.com/definiciones/linea-de-tendencia.html>

#### Discusión:

<https://mx.hola.com/actualidad/2020021231040/coronavirus-nombre-oficial-enfermedad/>