

## APROXIMACIÓN AL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PANDEMIA DEL CORONAVIRUS EN ESPAÑA (13<sup>a</sup> ACTUALIZACIÓN A 6-9-21)

Joan Corominas Masip

### RESUMEN

Actualizo el duodécimo análisis estadístico del 11-5-21, incorporando los datos del último día y adaptando a los mismos las hipótesis del alcance final de la pandemia. Comprende el período desde el fin del segundo estado de alarma (final de la 4<sup>a</sup> ola y el desarrollo explosivo de la 5<sup>a</sup> ola) en el que se ha alcanzado un ritmo de vacunación que alcanza al 73% de la población con la pauta completa que irá aumentando hasta el 90% a mitad de octubre lo que permitirá la inmunidad de rebaño y superar más de un año y medio de coronavirus.

La quinta ola, iniciada hacia el 10 de junio, ha producido hasta la fecha 1,1 millones de infectados y 4500 fallecidos, con un desarrollo muy rápido, pero siendo la más suave de las que hemos padecido en cuanto a sus efectos letales gracias al avance de la vacunación de la población especialmente la de mayor riesgo. La dominancia de la mutación *Delta* del coronavirus (detectada inicialmente en la India), mucho más contagiosa, y la finalización del estado de alarma, que ha permitido una mayor movilidad y una ampliación de las relaciones sociales y excesos festivos de parte de la juventud, sin las medidas precautorias ante el coronavirus, explican esta 5<sup>a</sup> ola.

En España, según los datos oficiales, hemos alcanzado los 4.892.640 infectados (confirmados con test PCR o de antígenos) y 85.066 muertos a la fecha de 6 de septiembre. Cifras que multiplican por 20 el número de los infectados y por 4 los de los fallecidos en relación con el final del primer estado de alarma. Pero existe una diferencia muy importante en la comparación de las cifras de las cuatro últimas olas con la primera: antes se detectaba con test PCR uno de cada diez infectados y actualmente se detecta el 82%.

Además estas últimas olas se caracterizan por una menor gravedad de los síntomas que ocasiona el coronavirus entre los infectados, disminuyendo las tasas de hospitalización, de cuidados en UCI y fallecimientos, debido en gran parte a la detección de muchos asintomáticos o con síntomas muy leves: en la 1<sup>a</sup> Ola se hospitalizó a la mitad de los infectados frente al 6 % en la actualidad; en la UCI se trataron al 5% de los infectados frente al 0,58% en las últimas olas; en la 1<sup>a</sup> Ola falleció el 11,5% de los infectados y en estas el 1,25%. (en la 5<sup>a</sup> ola, gracias a la vacunación masiva de la población de riesgo, la letalidad se ha rebajado al 0,38%).

La tasa de reproducción del COVID 19, que indica el ritmo de crecimiento exponencial de la pandemia, si es superior a 1, o su desaceleración si es menor que la unidad, es un indicador adelantado de su evolución: sigue una tendencia similar a la evolución diaria de los infectados pero los picos de la misma se adelantan unos 7 días al pico de infecciones diarias y unos 12 días al pico del indicador de Incidencia acumulada a 14 días, que es el usado preferentemente en la información oficial. Utilizar el indicador de

la tasa de reproducción debería permitir anticiparse en la toma de medidas de contención de la pandemia. Actualmente tiene un valor de 0,75, lo que indica una fuerte reducción de la propagación de la pandemia en esta fase final de la 5ª ola.

En todas las autonomías se ha producido el crecimiento de la pandemia en la 5ª Ola, aunque tendiéndose a igualar su prevalencia que alcanza los 104mil infectados por millón de habitantes de media en España. Madrid supera en un 27% la prevalencia española, seguidas de Navarra, Castilla y León, La Rioja y Aragón y por el contrario en Canarias alcanza el 42 % de la media nacional, mientras Galicia, Asturias y Cantabria no superan el 75%.

La tasa de mortalidad se eleva a 1809 fallecidos por millón de habitantes, con notables diferencias entre comunidades autónomas: Canarias tiene una tasa de mortalidad del 25% de media española y Baleares y Galicia no llegan al 50%. Sin embargo, Aragón, Castilla La Mancha y Castilla y León la superan en más de un 55 %.

Entre los grandes países con mayor prevalencia de la COVID como USA, Francia, Reino Unido, España, Brasil e Italia, el desarrollo de la misma no es homogéneo pero se sitúan en una banda decreciente entre 125 mil y 75 mil infectados por millón de habitantes. Menor es aún el rango de la tasa de mortalidad de estos países que oscila entre 2200 y 1600 fallecidos por millón de habitantes, con la excepción de Brasil que eleva su tasa de mortalidad a 2800 fallecidos por millón de habitantes. Las grandes diferencias en las estrategias de política sanitaria de estos países tienen un menor reflejo en el impacto de la pandemia en sus respectivos países.

Hay que destacar el vertiginoso crecimiento de la pandemia en la India que se acerca a los 33 millones de infectados y los 440 mil muertos, aunque sus tasas de prevalencia y mortalidad son bajas dada la gran población del país, pero que debido a las precarias condiciones de su sistema sanitario la pandemia desbordó, durante la primavera, la capacidad de gestión del país. Actualmente tiene controlada la 5ª ola. Es un ejemplo, y un aviso a la comunidad internacional, de lo que puede ocurrir si la pandemia crece es los países subdesarrollados, que hasta el momento han sido poco afectados.

A nivel mundial se ha alcanzado casi 221 millones de infectados y 4,57 millones de fallecidos. El mayor impacto se produce en América del Norte (prevalencia de 114 mil infectados por millón de habitantes), seguido de Europa Occidental (87 mil), Latinoamérica (en el entorno de 77 mil), Europa Oriental (64 mil) y Oriente Medio (43 mil), con escasa prevalencia en Asia (12 mil) y Africa (6,9 mil) y Oceanía (2,1mil). El ranking mortalidad lo encabezan Latinoamérica 2627 fallecidos por millón de habitantes), América del Norte (1856), Europa Occidental (1657), Europa Oriental (1345) y Oriente Medio (796) mientras que Asia (186), Africa (183), y Oceanía (26) han sufrido mucho menos las muertes por coronavirus.

Para mejorar el conocimiento de la pandemia y predecir su evolución futura en función de las estrategias de mitigación que se han ido adoptando he desarrollado un modelo epidemiológico SIR de tres compartimentos del que se desprende que actualmente están infectados cerca de 9,8 millones de españoles y que las muertes se elevarían a unas 114 mil, datos que multiplican por 2 y 1,34 las cifras oficiales, al no contemplarse muchos de los infectados asintomáticos o con leves síntomas.

Con las simulaciones del modelo epidemiológico y con el ritmo de vacunación que hemos desarrollado a lo largo del verano, manteniendo las precauciones sociales ante el Covid actuales y sin la aparición de la variante *Delta* del COVID prácticamente no habría existido la 5ª ola. En sentido inverso si no hubiéramos dispuesto de la vacuna en esta 5ª ola se habría tenido que imponer un confinamiento de la población similar al de la 1ª ola.

Aunque es muy difícil aventurar el futuro de la COVID, parece que estamos finalizando la 5ª ola y que una vez alcanzada la vacunación del 90% de la población no debería volverse a producir la cadena de transmisiones del coronavirus. Pero para que este augurio se convierta en realidad son necesarias dos premisas: mantener alerta la detección y el control de posibles infecciones y conseguir que se vacune la gran mayoría de la población mundial, lo que impedirá que aparezcan nuevas mutaciones más infectivas o letales.

Esta aproximación a la realidad del coronavirus muestra que la información estadística oficial minusvalora el impacto en la infección de la población y las muertes ocasionadas por el coronavirus. En el inicio de la pandemia era inevitable la carencia y la fiabilidad de la información pero ya es el momento de analizar la gestión de la pandemia, detectar los errores, coordinar los esfuerzos, mejorar el sistema de salud y transmitir a la población, de manera veraz y creíble, la necesidad de un esfuerzo colectivo para terminar de superarla y sobre todo establecer los programas de prevención de otras probables pandemias en los próximos años.

Como análisis estadístico este estudio es frío, son números que simulan una tragedia de la humanidad, siendo lo importante los efectos sobre la salud, la vida de los ciudadanos y los grandes impactos sociales y económicos que ha producido la pandemia y que mantendrán sus secuelas durante años. Y aunque la infección no distinga entre clases sociales, las consecuencias socioeconómicas, y aún sanitarias, si discriminan entre ciudadanos en función de su edad y afectando más duramente a los más desfavorecidos. Sirva este trabajo como mi contribución a los esfuerzos de la mayor parte de la sociedad en aumentar la empatía y la solidaridad y buscar una salida mejor de la pandemia, con una sanidad pública robustecida y una recuperación que atienda a los más desfavorecidos y que reduzca las grandes desigualdades de nuestra sociedad. Después de las trece actualizaciones de este análisis estadístico de la COVID que he realizado en este año y medio, intuyo y deseo que no sea necesario volver a incidir sobre el desarrollo de la pandemia porque entre todos la hayamos dominado.

## **EVOLUCIÓN DE LA PANDEMIA DEL COVID-19**

La no detección de todos los infectados, debido a la poca extensión de los test a buena parte de la población, infravalora la cifra de los infectados en las estadísticas oficiales al no contemplar los pacientes asintomáticos o con patologías leves. El aumento de test PCR o de antígenos que se viene realizando desde el inicio de la 2ª ola ha puesto en evidencia el gran número de infectados asintomáticos y la muy importante disminución de pacientes con síntomas muy graves o graves. En la fase de confinamiento el 54% de los test PCR positivos correspondían a personas con

patologías muy graves o graves, mientras que en los últimos meses únicamente representan el 3,4%. El total de infectados estimados era superior a 10 veces el número de diagnosticados con test PCR, habiéndose reducido actualmente a 1,54 veces, lo que indica la ampliación del número de diagnósticos con test PCR a los nuevos infectados y a su círculo de relaciones.

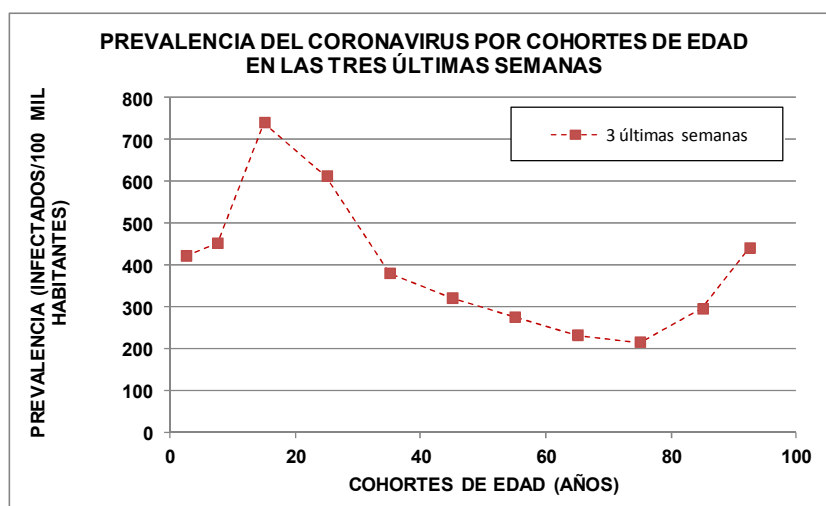
CAMBIOS EN EL TIPO DE IMPACTOS DEL CORONAVIRUS (INDICE 100 = CASOS DETECTADOS CON TEST PCR)									
FECHA	28/08/2021	CASOS DIAGNOSTICADOS CON TEST PCR					TOTAL INFECTADOS (estimación)	FALLECIDOS CON TEST PCR	FALLECIDOS TOTALES (estimación)
		Detectados con test PCR o Antígenos	Sintomáticos muy graves	Sintomáticos graves	Sintomáticos leves	Asintomáticos			
Periodo de confinamiento (hasta 10 de mayo)		100	5,0	54,1	40,9	0,0	1003	100	158
Periodo de desescalamiento 1ª Ola y 2ª a 5ª Ola		100	0,6	6,0	53,1	40,3	160	100	123
TOTAL		100	0,8	8,3	52,5	38,4	199	100	134

Fuentes: Elaborado con la información de las Actualizaciones de la Enfermedad del Coronavirus (Ministerio de Sanidad), los Análisis Epidemiológicos de COVID-19 y los Informes sobre mortalidad MoMo, ambos del Centro Nacional de Epidemiología.

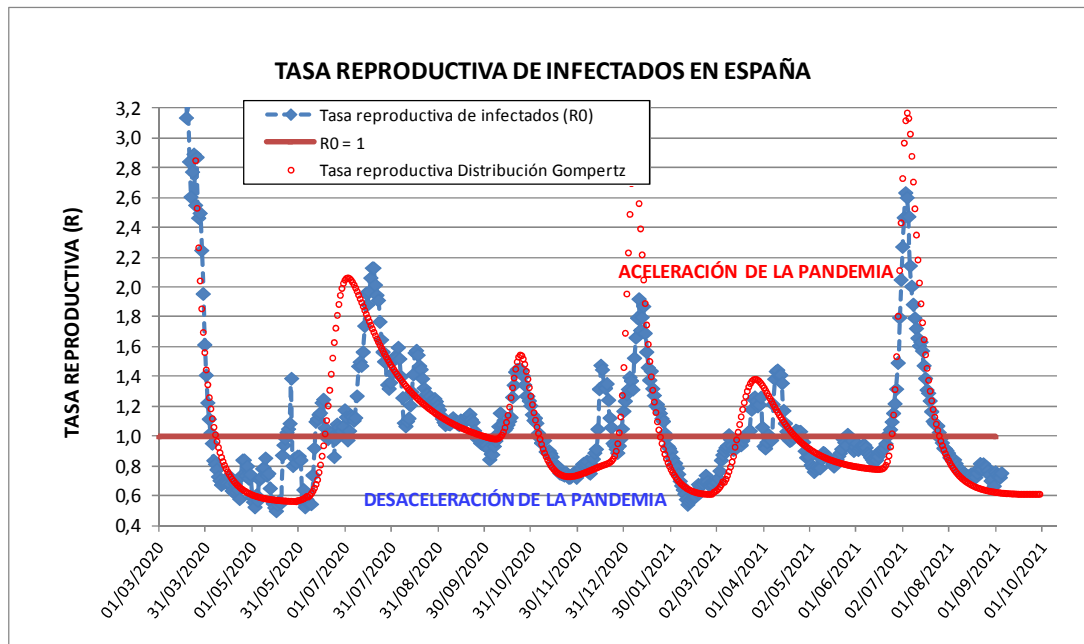
Las estimaciones se obtienen de mi modelo Epidemiológico SIR de tres compartimentos de la pandemia del Coronavirus

Al mismo tiempo la pandemia afecta actualmente a gente más joven, con síntomas más leves, habiéndose reducido los casos de personas mayores de 70 años desde el 36,8 % al final del confinamiento al 9,6 % en las tres últimas semanas. El diagnóstico temprano, junto con el cambio de cohortes de edad afectadas, ha permitido disminuir mucho la cifra diaria de fallecidos desde el 11,8% de los infectados al final del estado de alarma al 0,38% actual.

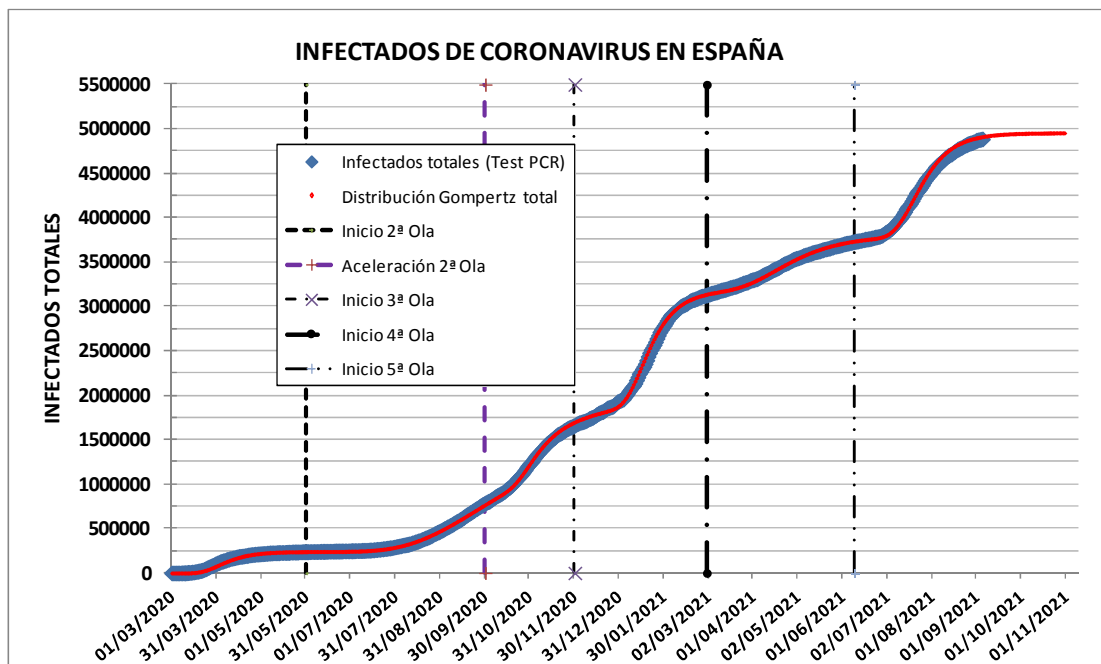
La prevalencia de la pandemia en las distintas cohortes de edades ha sido muy diferente entre la 1ª ola y las demás olas, ya que la primera crecía exponencialmente con la edad y el las dos últimas es bastante homogénea en todas las edades como consecuencia de la extensión de los test PCR y de antígenos, que permiten detectar a gran parte de los asintomáticos o ligeramente sintomáticos...



La tasa reproductiva de los infectados indica muy bien el proceso de desarrollo de las diversas olas, acelerándose la pandemia cuando R supera la unidad y controlándose cuando es inferior a 1. Actualmente la tasa reproductiva es del orden de 0,75 mostrando el probable final de la 5ª ola.



El número de infectados a 6 de septiembre es de 4.892.640. Para reproducir, y predecir, el proceso infeccioso lo he asimilado a una distribución asimétrica Gompertz<sup>1</sup>, compuesta por la suma de seis distribuciones individuales (1ª ola, 2ª ola y aceleración de la 2ª, 3ª, 4ª y 5ª ola) distanciadas en el tiempo. Los parámetros de la distribución Gompertz los he ajustado a la información del avance de la pandemia desde el 28 de febrero del 2020 (día "0").



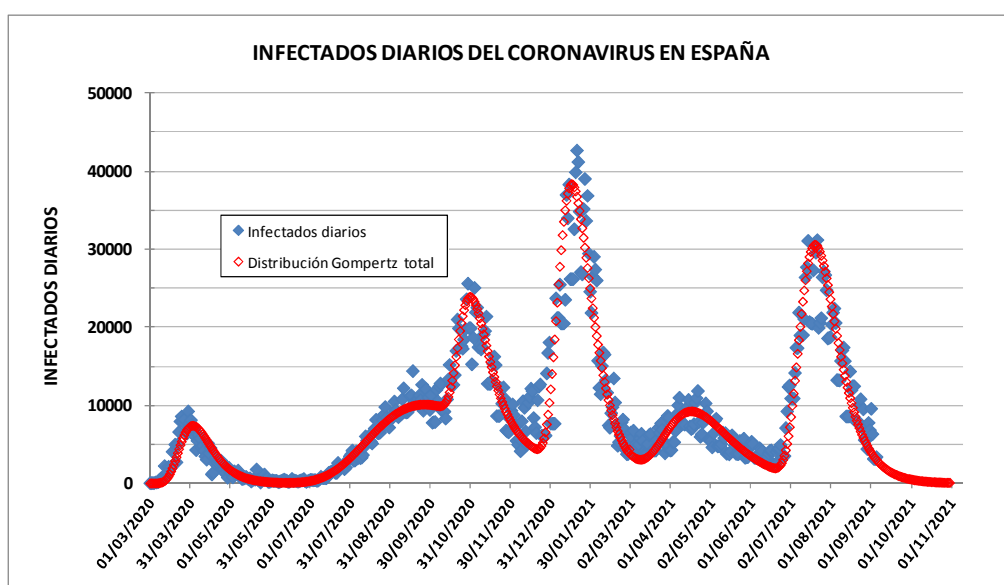
1. La distribución de Gompertz, asimétrica, se adapta al alargamiento de la duración de la pandemia, y a su aplanamiento, por el efecto de la disminución de la población susceptible de infectarse al aumentar el número de personas recuperadas del coronavirus.

Los parámetros a los que he ajustado la distribución Gompertz son:

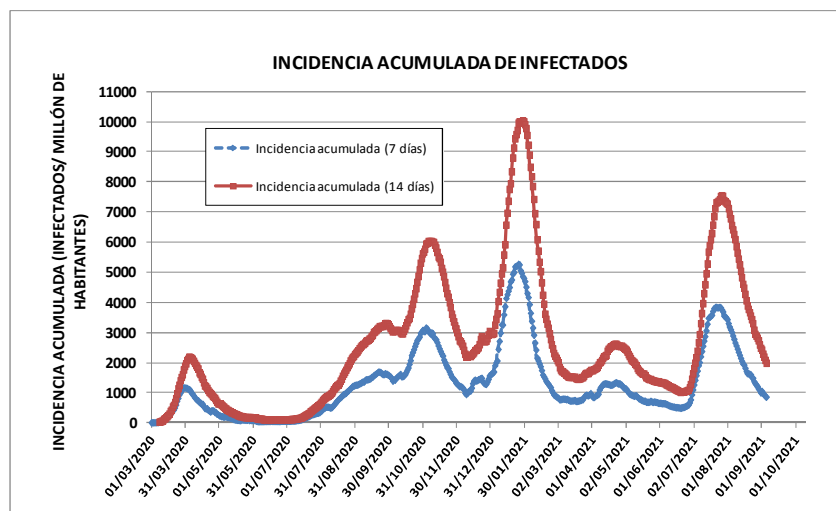
AJUSTES INFECTADOS							
	1ª Ola	2ª Ola	Aceleración 2ª Ola	3ª Ola	4ª Ola	5ª Ola	ACUMULADO
Día inicio	28/02/2020	01/06/2020	01/10/2020	01/12/2020	01/03/2021	10/06/2021	
Total infectados	242000	1290000	475000	1210000	590000	1150000	4957000
Día del máximo diario	34	116	30	44	44	40	
Maximo diario	7400	10100	15800	36000	8800	30000	

El ajuste realizado permite extrapolar el previsible desarrollo de la pandemia en la fase final de la 5ª ola, en el que alcanzaríamos 4,96 millones de infectados a finales de octubre de 2021 (10,5% de la población).

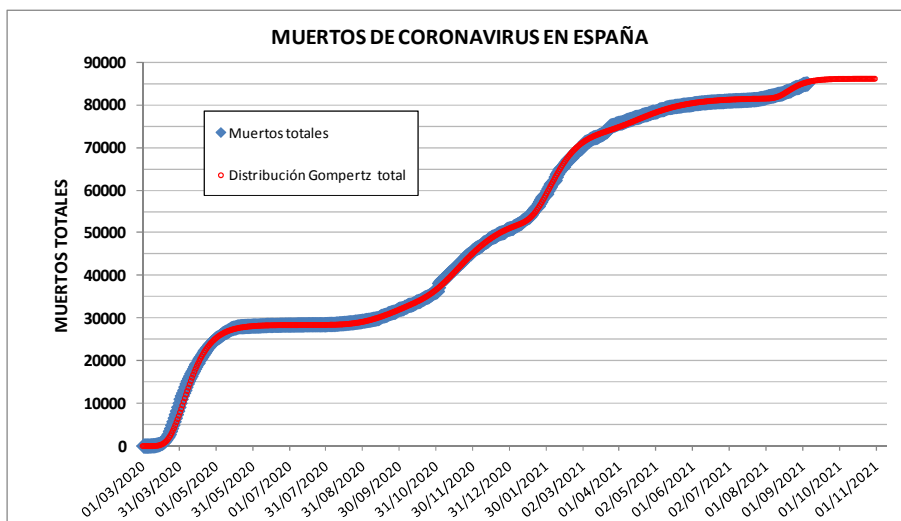
El ritmo de infectados diarios, ha sido muy alto en esta 5ª ola, con un máximo cercano a los 30 mil infectados diarios.



La incidencia acumulada en los últimos 7 y 14 días muestra claramente el desarrollo de los picos de las cinco olas. Actualmente la incidencia acumulada en 14 días está por debajo de los 1800 infectados por millón de habitantes, muy inferior a la del punto álgido de la 5ª ola, pero que debe descender por debajo de 500 para no temer nuevos rebrotes.



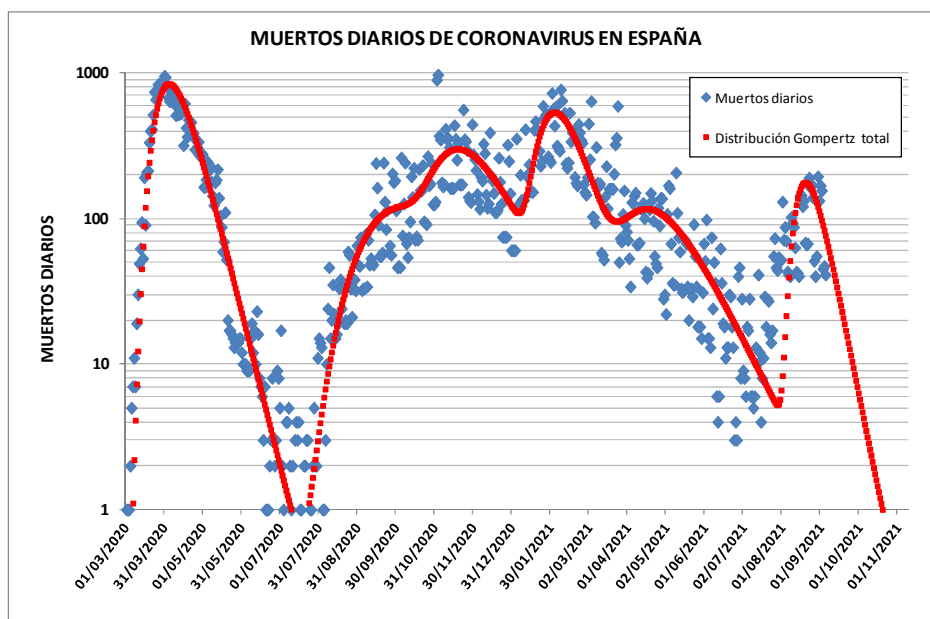
El número oficial de fallecidos actualmente es de 85.066 (1,74% de los infectados), contrastados con test PCR, aunque el número real de muertos por efectos de la COVID pueda ascender a unos 114.000, contando los infectados asintomáticos o muy leves que no han sido detectados.



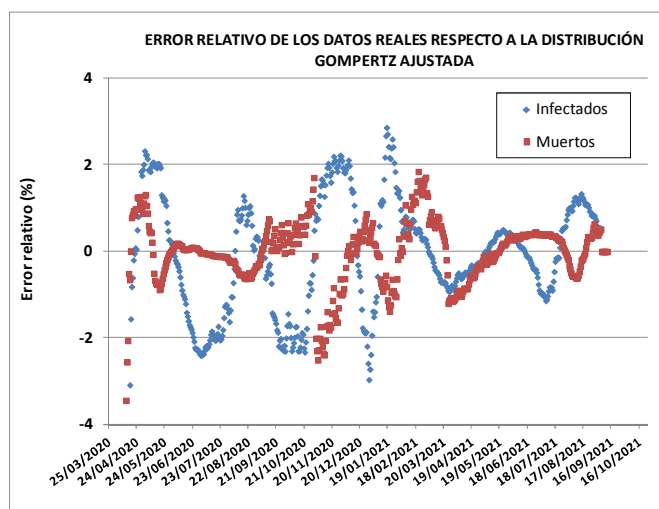
Los parámetros a los que he ajustado la distribución Gompertz para los fallecidos son:

AJUSTES FALLECIDOS							
	1ª Ola	2ª Ola	Aceleración 2ª Ola	3ª Ola	4ª Ola	5ª Ola	ACUMULADO
Día inicio	28/02/2020	01/06/2020	01/10/2020	01/12/2020	01/03/2021	10/06/2021	
Total fallecidos	28400	11600	14400	20200	7000	4550	86150
Día del máximo diario	36	123	50	59	48	52	
Maximo diario	840	120	230	500	105	175	

En la 5ª ola el crecimiento diario de muertos ha sido mucho menor que en las otras olas, con un máximo de unos 175 fallecidos diarios, muy influenciado por la protección que la vacuna ha aportado a los colectivos más vulnerables, disminuyendo lentamente en la actualidad y previsiblemente serán menos de 10 fallecidos diarios a finales de septiembre.



El calibrado de la distribución Gompertz está bien ajustado, presentando a lo largo de la pandemia un error relativo máximo de +- 4%, lo que permite dar verosimilitud al desarrollo futuro de la misma (error medio absoluto del 1% de los infectados y del 0,5% de los fallecidos):



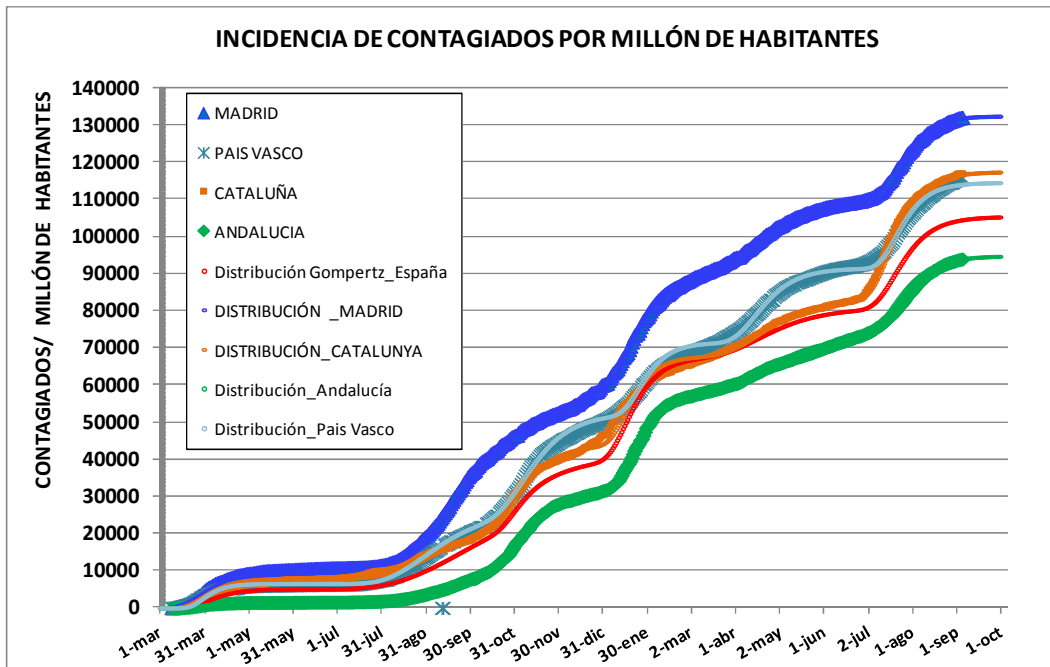
Las diversas curvas representativas de la variación de la pandemia a lo largo del tiempo que he aportado siguen tendencias parecidas pero desfasadas: la más adelantada, y por eso muy valiosa, es la de la tasa de reproductividad ( $R_0$ ) que se adelanta 7 días al pico de la incidencia diaria, 12 días a la de la entrada de pacientes en hospitales, 14 días a la Incidencia acumulada de infectados en 14 días, 20 días a la de entrada en UCIs y 27 días respecto a la de la mortalidad diaria. Se acompaña la tabla de desfases correspondiente a la 3ª ola pero que ha sido similar en todo el desarrollo de la pandemia.

DEFASES ENTRE PICOS DE LAS DIVERSAS VARIABLES DE LA 3ª OLA DE LA PANDEMIA		
INDICADOR DE EVOLUCIÓN DE LA PANDEMIA	PICOS DE LAS CURVAS	DEFASE RESPECTO A PICO DE INFECTADOS DIARIOS (DÍAS)
Tasa de reproductividad ( $R_0$ )	13/01/2021	-7
<b>Infectados diarios (Id)</b>	<b>20/01/2021</b>	<b>0</b>
Incidencia acumulada 7 días	25/01/2021	5
Entrada en Hospitales diarios (Hd)	25/01/2021	5
Incidencia acumulada de infectados 14 días	27/01/2021	7
Camas ocupadas de hospital (cH)	31/01/2021	11
Camas ocupadas de UCI (cUCI)	31/01/2021	11
Entrada en UCI diarios (UCId)	02/02/2021	13
<b>Muertos diarios (Md)</b>	<b>09/02/2021</b>	<b>20</b>

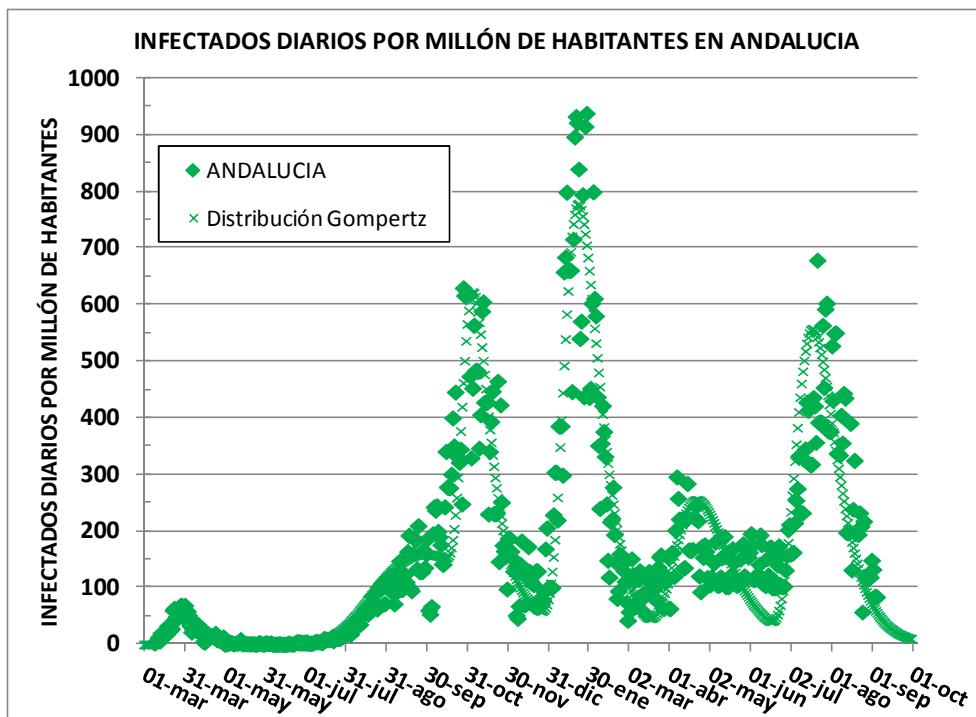
## ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

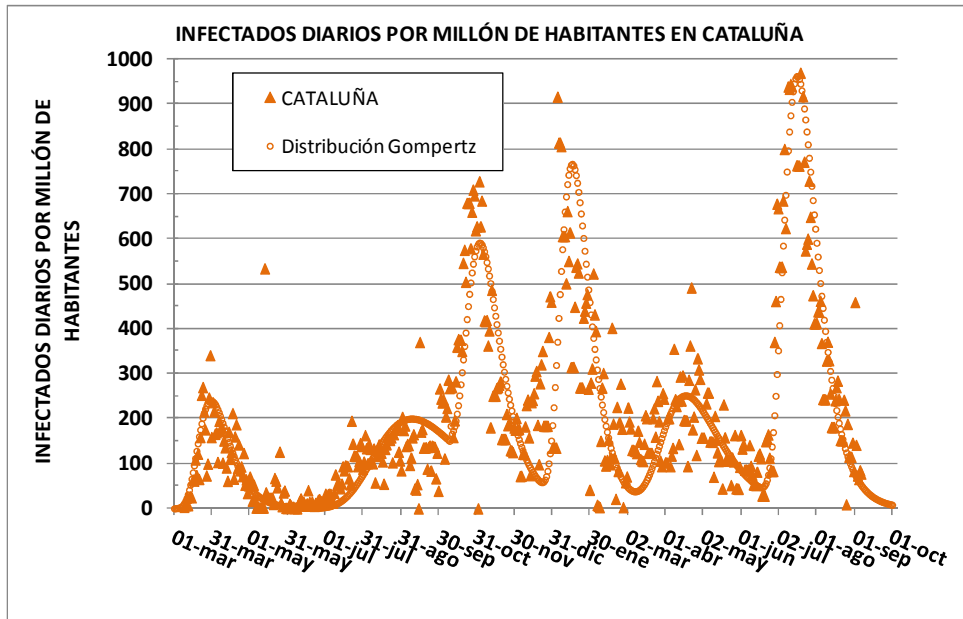
Existen diferencias en el desarrollo del COVID en cada una de ellas, mostrándose los gráficos de los incrementos diarios de infectados en Madrid, País Vasco, Cataluña y

Andalucía cuya prevalencia varía entre 95 y 135 mil infectados por millón de habitantes:

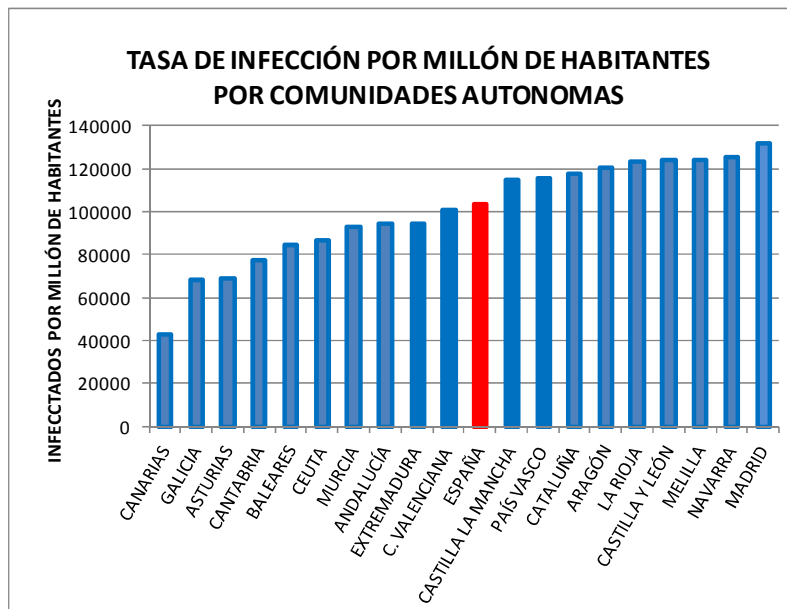


La 5ª ola se ha desarrollado con incidencias elevadas aunque algo menores que en la 3ª ola (incidencias diarias entre 600 y 1000 infectados por millón de habitantes), tal como puede observarse en las comunidades de Andalucía, y Cataluña.

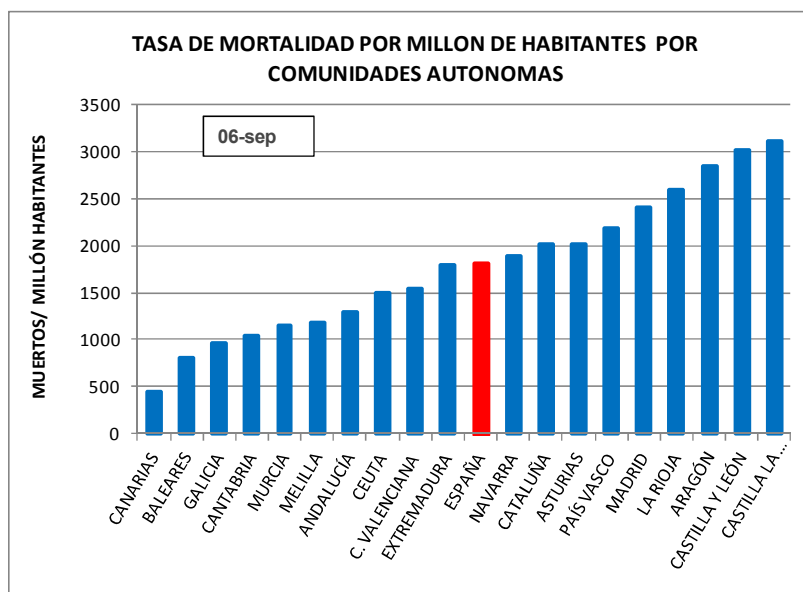




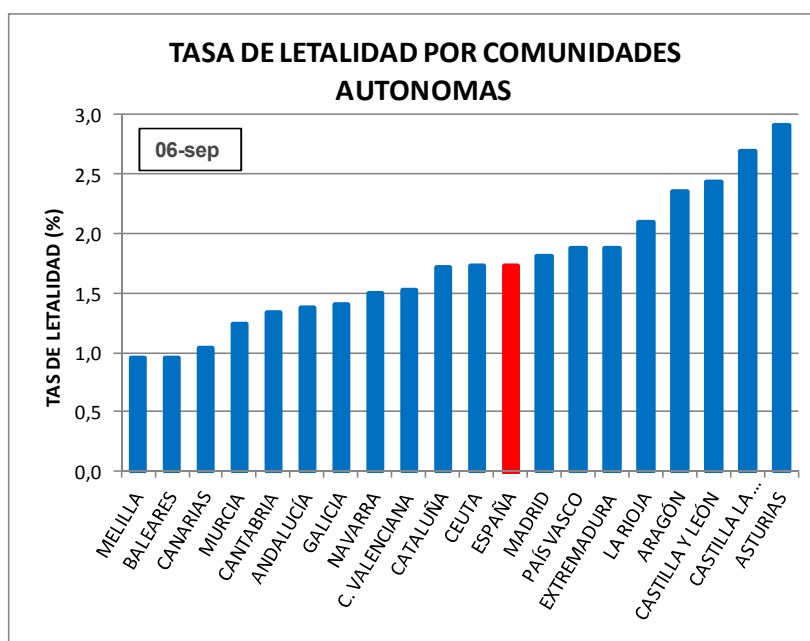
Las diferencias en la prevalencia del coronavirus entre las CC.AA. han ido aminorándose en el desarrollo de la pandemia, aunque siguen siendo muy importantes, variando en una relación de 1 a 3, siendo la menor la de Canarias con 43 mil infectados por millón de habitantes; entre las más bajas, Galicia y Asturias (en el entorno de 69 mil) y entre las más altas Navarra, Castilla y León y La Rioja que superan los 123 mil infectados por millón de habitantes, siendo Madrid la que tiene la mayor prevalencia con 132 mil infectados por millón de habitantes.



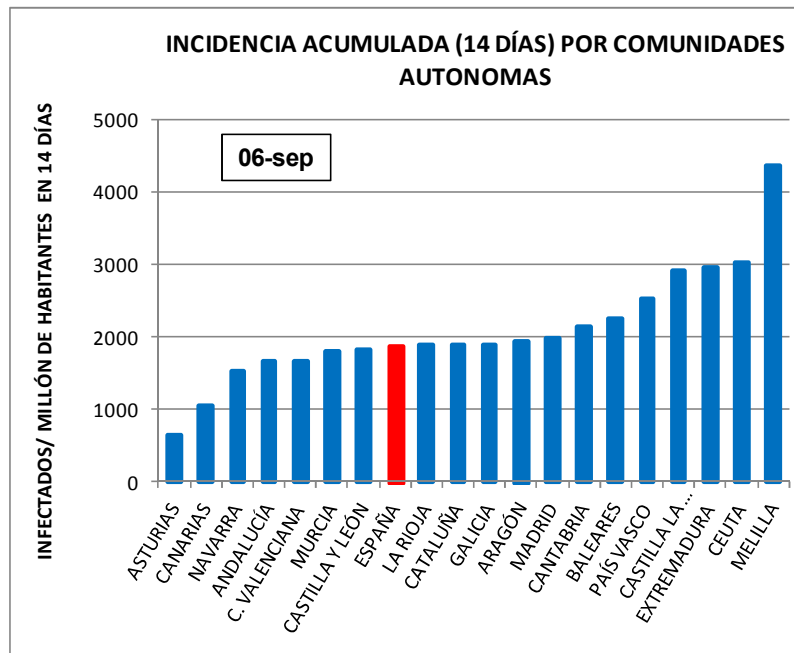
En cuanto a la tasa de mortalidad (muertos por millón de habitantes) las diferencias entre Comunidades son más acusadas, en una relación de 1 a 7, con el mínimo de los 445 de Canarias y el resto de CC.AA. entre los 807 de Baleares y los 3100 de Castilla La Mancha, siendo la media española de 1809 fallecidos por millón de habitantes.



La letalidad del coronavirus es también diversa entre los territorios (entre el 1 % de Baleares y el 2,9% en Asturias), siendo la media española del 1,74%.

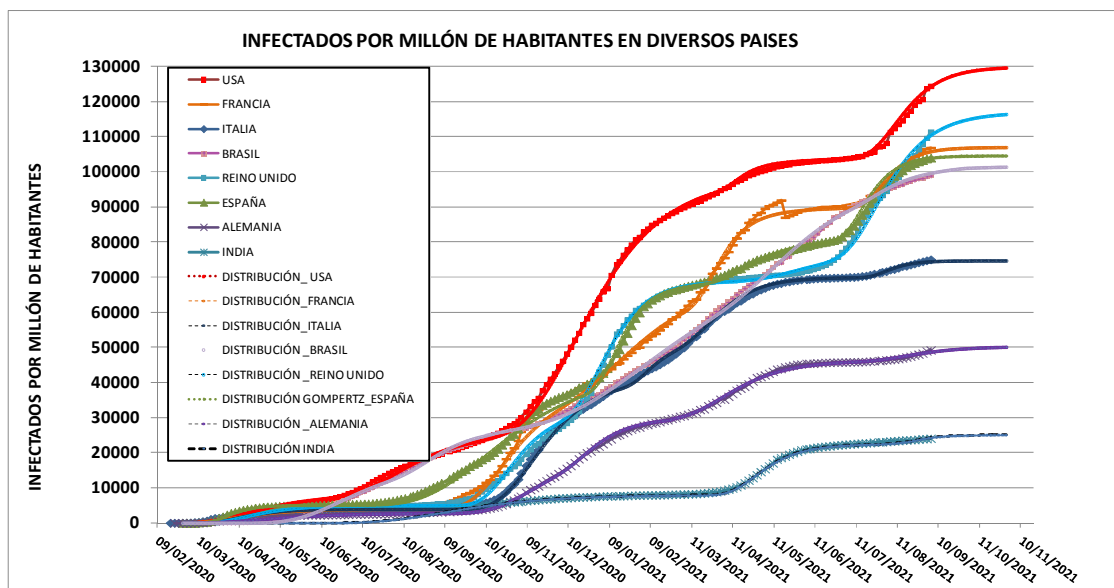


Un indicador de la importancia de la evolución de la pandemia lo representa la incidencia acumulada en 14 días de nuevas infecciones: es muy baja en el la Asturias (635 contagios por millón de habitantes en 14 días), con la mayor incidencia acumulada en Castilla La Mancha (2895) y Extremadura (2950). La media española está en 1876 contagios acumulados en 14 días por millón de habitantes.



## ANÁLISIS DEL IMPACTO A NIVEL MUNDIAL

A nivel mundial la pandemia está afectando a todos los países alcanzando los 221 millones de habitantes infectados, pero está más mucho más avanzada su progresión en USA, Europa Occidental y Latinoamérica. Entre los grandes países afectados destacan USA (40,5 millones de infectados) y Brasil (20,9 millones de infectados), con prevalencias que superan respectivamente los 124y 99 mil infectados por millón de habitantes y en Europa, Reino Unido, Francia y España tienen tasas decrecientes entre 111 y 104 mil infectados por millón de habitantes. La India, el segundo país del mundo con más infectados (33 millones de infectados), tiene una baja prevalencia de 24 mil infectados por millón de habitantes, pero su impacto ha sido muy grande debido a la precariedad de su sistema sanitario, aunque la 5ª ola ha tenido una baja incidencia en este gran país asiático.

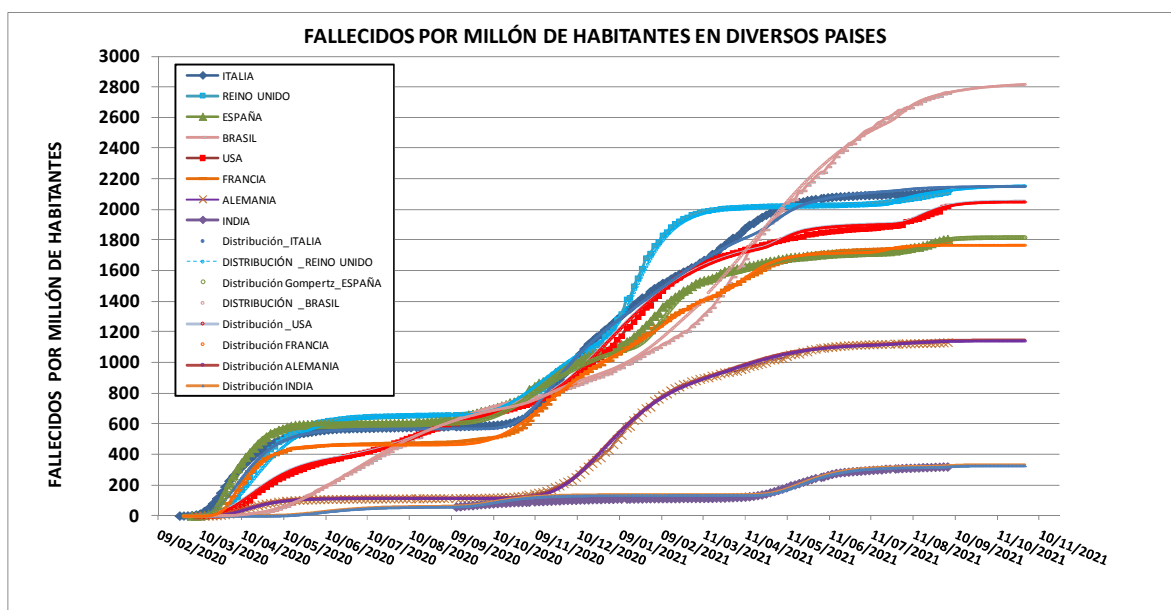


El desarrollo inicial de la pandemia fue explosivo en Italia y España y demás países europeos y mucho más lenta en USA, Brasil y resto de países sudamericanos. Pero en las siguientes olas se han acercado las tasas de infección de gran parte de estos países siendo previsible que USA, Francia, España, Reino Unido, Brasil, converjan hacia prevalencias entre 130 y 100 mil infectados por millón de habitantes.

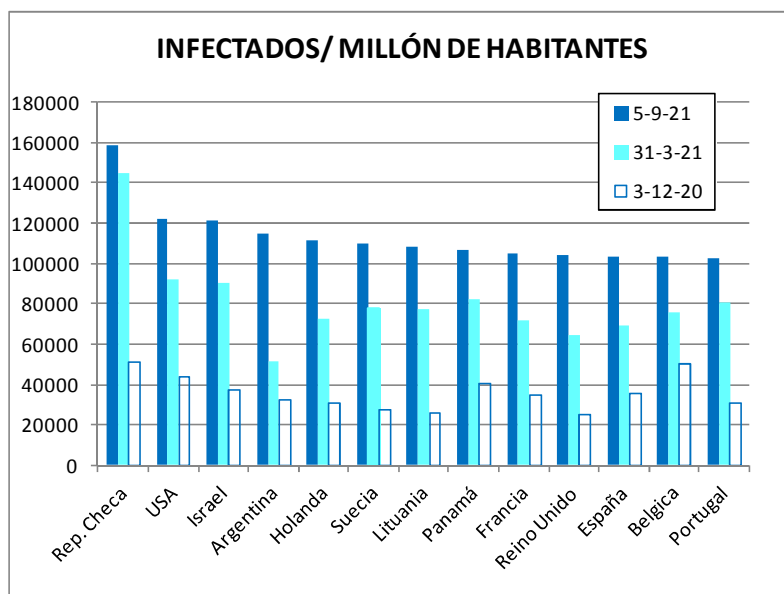
Hasta la fecha han muerto por la pandemia 4,57 millones de habitantes siendo USA la que encabeza la lista con casi 660 mil fallecidos. En cuanto a las tasas de mortalidad que produce el coronavirus en estos grandes países destaca Brasil con 2800 muertos por millón de habitantes, mientras que Reino Unido, Italia, USA, España, y Francia ostentan las tasas de letalidad decrecientes entre 2150 y 1750 muertos por millón de habitantes.

Se ha señalado reiteradamente que las erróneas, erráticas y populistas políticas sanitarias impulsadas por los líderes de USA, Brasil y en parte el Reino Unido explicarían que estos países fueran de los más afectados a nivel mundial la prevalencia de la pandemia en los dos primeros y la tasa de mortalidad en el caso del Reino Unido. Pero en las siguientes olas se han ido produciendo cambios en los ritmos de progreso de la pandemia entre estos países y los grandes países europeos, que han ido acercando la incidencia de la pandemia en el conjunto de los mismos.

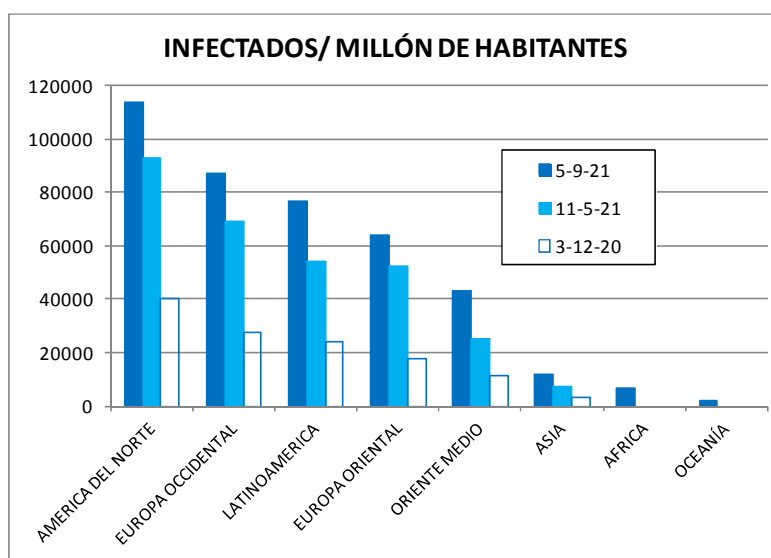
El conjunto de estos seis países concentran actualmente el 38% de los infectados mundiales y de las muertes producidas por el coronavirus, siendo su peso en la población mundial únicamente del 10%.



La lista de los 14 países, a nivel mundial e independientemente de su tamaño, con mayor prevalencia de la pandemia está encabezada por países europeos, USA, latinoamericanos e Israel con tasas entre 160 y 100 mil infectados por millón de habitantes, ocupando España el decimosegundo lugar (104 mil infectados por millón de habitantes). La República Checa es líder mundial en tasa de infectados con 159 mil infectados por millón de habitantes.

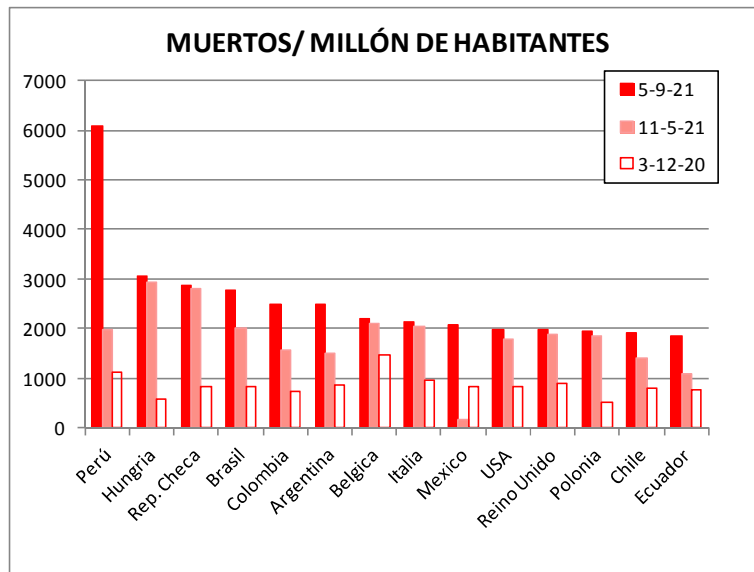


A nivel de áreas geográficas el impacto de la pandemia se ha concentrado sobre todo en América del Norte (114 mil infectados por millón de habitantes), Europa Occidental (87), Latinoamérica (77), Europa Oriental (64) y Oriente Medio (43) siendo reducido el impacto en el resto del mundo.

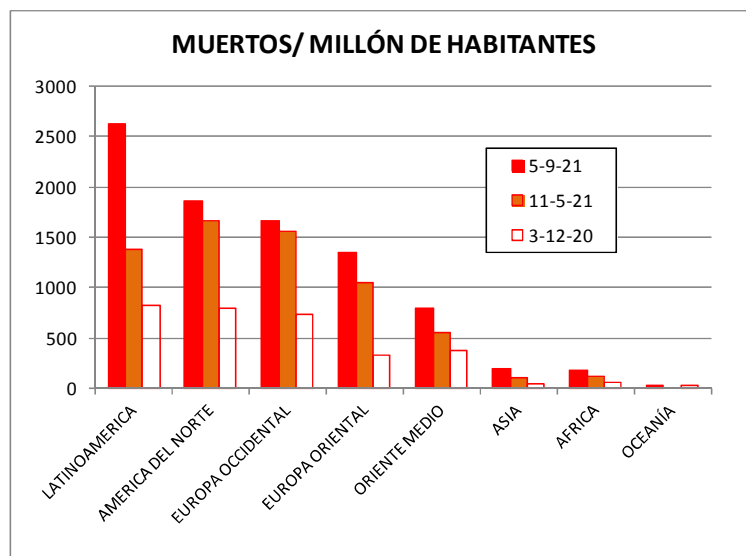


Se han producido en el mundo 4,57 millones de muertes por la pandemia, de las cuales 660 mil corresponden a USA, 583 mil a Brasil y 440 mil a la India. Entre los países europeos encabeza la lista Rusia (188 mil), seguida del Reino Unido con 133 mil, Italia (129 mil), Francia (115 mil), Alemania (93 mil) y España con 85 mil fallecidos.

Igualmente la tasa de mortalidad la encabezan países de Latinoamérica, Europa y USA, teniendo Perú la mayor tasa de mortalidad con 6090 fallecidos por millón de habitantes, ocupando España el decimosexto lugar con una tasa de 1800 muertos por millón de habitantes.



Por áreas geográficas, Latinoamérica, América del Norte y Europa Occidental han sido las más atacadas por la COVID 19, situándose una horquilla entre 2600 y 1650 muertos por millón de habitantes, siguiéndoles Europa Oriental (1350) y Oriente Medio (800), mientras que Asia, África y Oceanía han tenido tasas de mortalidad inferiores a los 190 muertos por millón de habitantes.



### MODELO EMPIEMOLÓGICO DEL CORONAVIRUS

La primera modelización de la pandemia la realizó el London Imperial College, el 30 de marzo de 2020, que abarcaba a los principales países europeos afectados. Es un modelo epidemiológico de tres compartimentos (población susceptible, infectados y recuperados) en el que se parte de tasas de reproducción iniciales ( $R_0$ ) entre 4 y 6 según los países (la tasa de reproducción es el cociente entre el número de infectados al final del período de incubación del coronavirus, que consideran de 6,5 días, respecto a los infectados al inicio de este período). Consideraban diversas medidas de

mitigación pasiva, que describo en la siguiente tabla, y que cada una de ellas es acumulativa de las anteriores y que reducen la tasa de reproducción inicial:

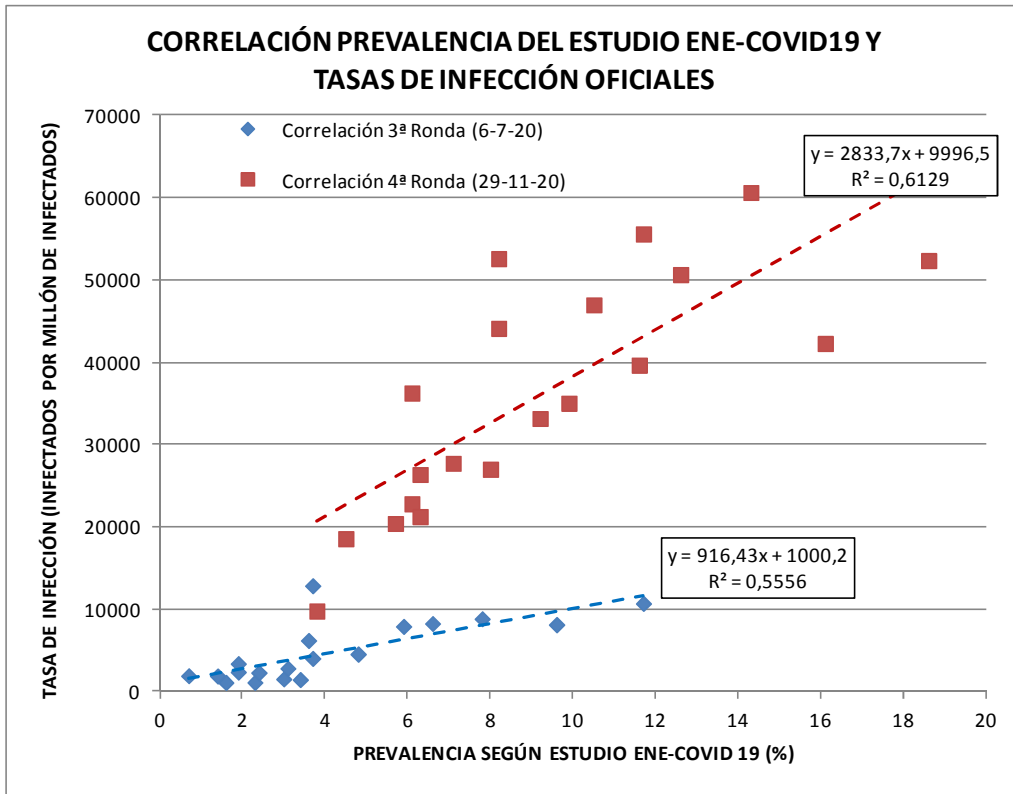
<b>REDUCCIÓN DE LA TASA DE REPRODUCCIÓN, <math>R_t</math>, SEGÚN TIPO DE INTERVENCIÓN (%)</b>			
	<b>GRUPO DE MEDIDAS ACUMULATIVAS</b>	<b>RANGO</b>	<b>MEDIA</b>
Autoaislamiento	A	20-55	40
Primera intervención	B	25-60	45
Cierre actos públicos	C	25-70	50
Distanciamiento social	D	45-75	60
Cierre escuelas	E	50-75	65
Aislamiento de emergencia (total)	F	80-100	90

Los resultados que obtuvieron para España, presuponían que del orden del 15% de la población estaba infectada a finales de marzo (cifra muy superior a la detectada por las estadísticas oficiales) y que la declaración del estado de alarma habría reducido en gran parte los fallecimientos de no haberse tomado esta medida el 15 de marzo:

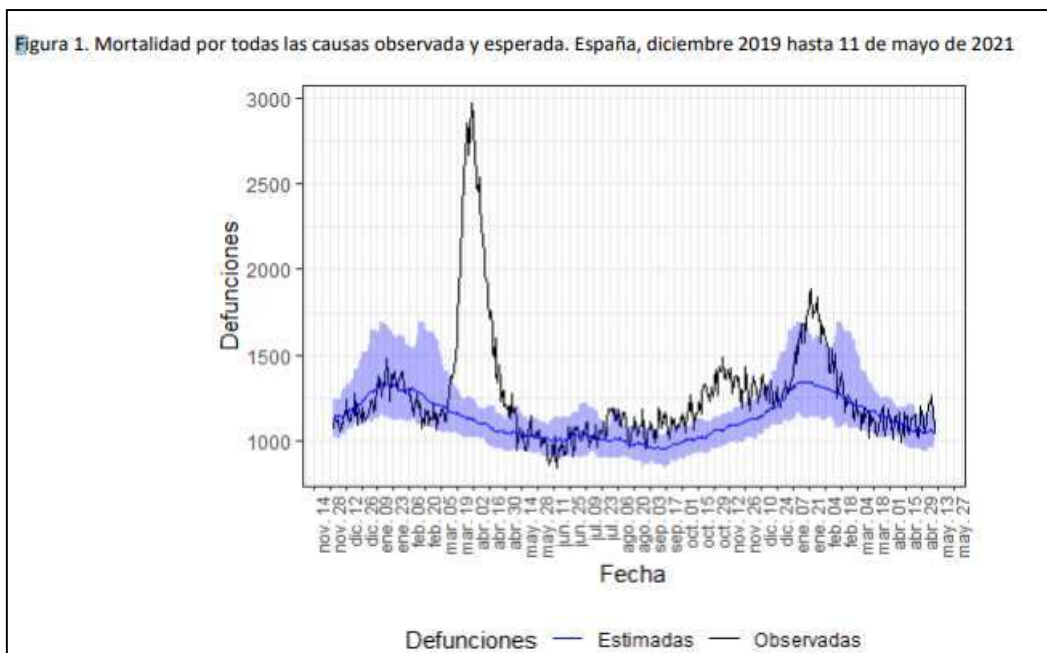
Mi curiosidad, y alguna experiencia, por los modelos matemáticos, y una cierta imprudencia al adentrarme en un territorio epidemiológico desconocido, aunque sujeto a reglas matemáticas comunes a muchos procesos físicos, me ha llevado a construir un modelo epidemiológico SIR de tres compartimentos. Al modelo le he añadido un submodelo para simular la mortalidad que produce el coronavirus.

Inicialmente calibré el modelo con los diversos parámetros que definen el mismo, entre otros, la fecha de inicio de la pandemia en España (cerca del 10 de enero), una tasa de reproducción inicial de  $R_0=6,2$  y una tasa de letalidad del 1,2%. Los resultados iniciales obtenidos señalaban que el impacto del coronavirus es muy superior al detectado por las estadísticas oficiales (del orden de 10 a 15 veces superior). Existían dudas sobre el ajuste realizado al desconocerse cualquier aproximación a la prevalencia del coronavirus en la población española, aunque si había indicios de la mayor tasa de mortalidad respecto a la deducida de los datos oficiales.

La publicación, el pasado 15 de diciembre, del *Informe Cuarta Ronda del Estudio Nacional de Sero-epidemiología por SARs COV-2 en España* (Estudio ENE-COVID19 del Instituto de Salud Carlos III) ha aportado una segunda aproximación a la prevalencia de la pandemia, que la cifra en el entorno del 9,9% (95% IC: 9,4%- 10,4%) de la población española que ha sido infectada por el coronavirus. Este informe conduce a estimar el total de infectados a esta fecha era del orden de 2,8 veces superior a los contabilizados oficialmente. Existe una buena correlación entre estas estimaciones y los datos oficiales de la tasa de infectados en las Comunidades Autónomas:

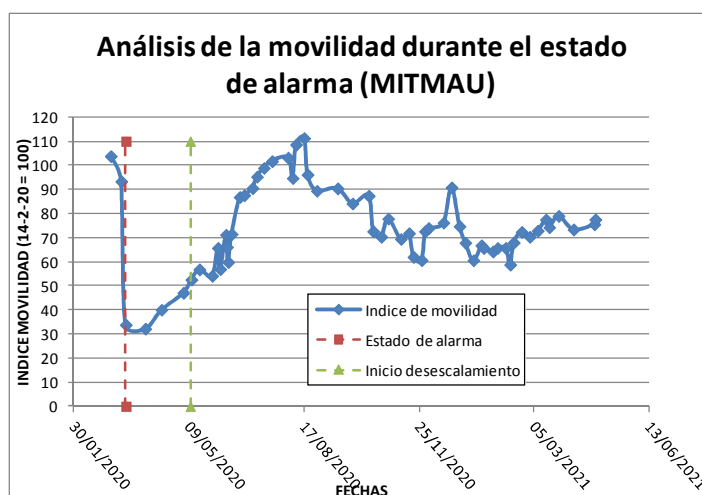


Al mismo tiempo el Instituto de Salud Carlos III también ha ido avanzando los Informes MoMo sobre Vigilancia de los excesos de mortalidad por todas las causas( el último actualizado al 29 de diciembre), en el que concluye que se ha producido un exceso de mortalidad del 32% en el período del 13 de marzo al 29 de diciembre, probablemente debido en gran parte a la pandemia. (unos 70.800 fallecidos en exceso), de los cuales unos 58 mil serían personas mayores de 74 años. Dos terceras partes de estas muertes se produjeron en la 1ª ola. Es una aproximación al impacto total de la mortalidad del coronavirus



Otra estimación del Instituto Nacional de Estadística detalla semanalmente el exceso de muertes que ha ocasionado el COVID que alcanzan 98949 fallecidos el 21 de mayo.

Un elemento importante en el modelo es valorar la parte de la población expuesta a la COVID y para ello he utilizado la información que proporciona el *Análisis de movilidad durante el estado de alarma* que publica regularmente el Ministerio de Transportes, que valora la movilidad actual en torno al 65% de la etapa previa a la pandemia.

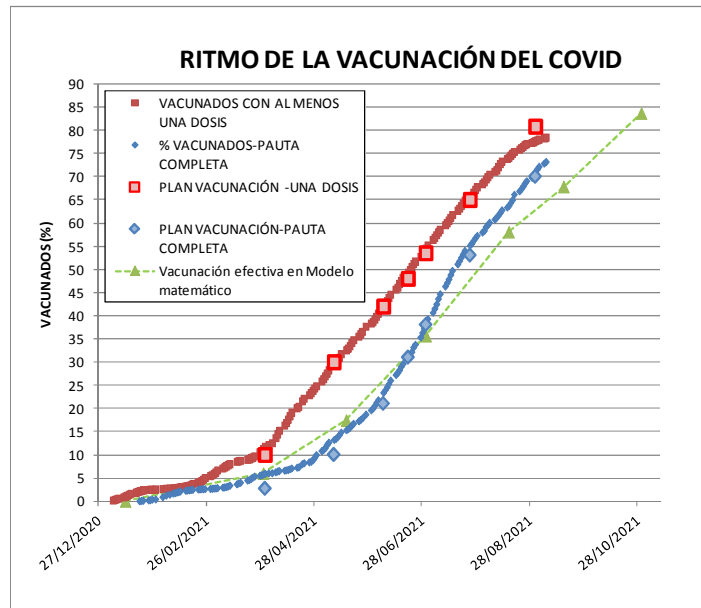


Estas medidas de mitigación impuestas en el 1º Estado de Alarma permitieron aplanar bruscamente la curva de contagio y de muertes a los pocos días. Si no se hubieran tomado las medidas de mitigación desarrolladas por el estado de alarma, a finales de mayo prácticamente toda la población habría sufrido la epidemia, dando por concluida la misma, pero con una espantosa cifra de fallecidos: unos 985.miles (2,1% de la población española).

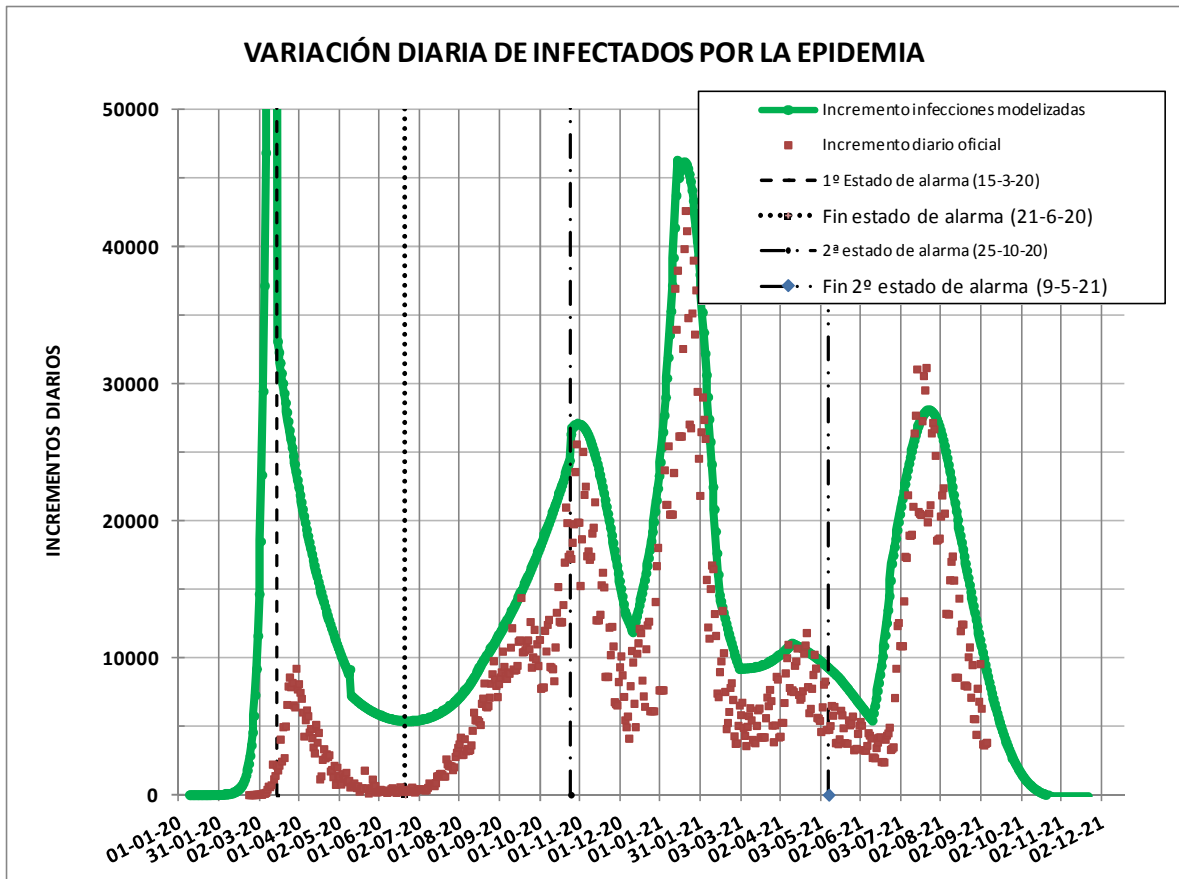
Para prever la evolución de la pandemia a partir del *desescalamiento* y en la 2ª, 3ª, 4ª y 5ª olas, he supuesto cuatro etapas, una con inicio el 10 de mayo con un incremento progresivo de la población expuesta al coronavirus desde el 40 al 100% de la población en un período de 75 días y con unas medidas de protección de la población equivalentes al grupo “F” del modelo del Imperial College, que comportan una reducción del 74% de la tasa de reproducción inicial. A partir del 2º Estado de Alarma he supuesto que, tras las duras medidas de restricción de la movilidad y de las relaciones sociales, toda la población está expuesta y se ha producido una reducción del 87,5% de la tasa de reproducción. La 3ª ola la he diseñado con una reducción del 64,5% de la R0 inicial. Después del crecimiento explosivo de la 3ª ola he supuesto que las medidas de contención de la pandemia han reducido un 90% la tasa de reproducción inicial. La 4ª Ola la he modelado con una reducción de la tasa de reproducción del 77% de la inicial. La 5ª ola la he modelado contando con el ritmo de vacunación de la población, que reducía la población susceptible de infectarse, y con una reducción de la tasa de reproductividad inicial de la pandemia del 35%, dado que la variante *Delta* del coronavirus tiene una reproductividad del orden del doble de la del inicio de la pandemia.

He incluido el efecto de la progresiva vacunación de la población que alcanza actualmente el 73% de la población total con la pauta completa, y que a finales de

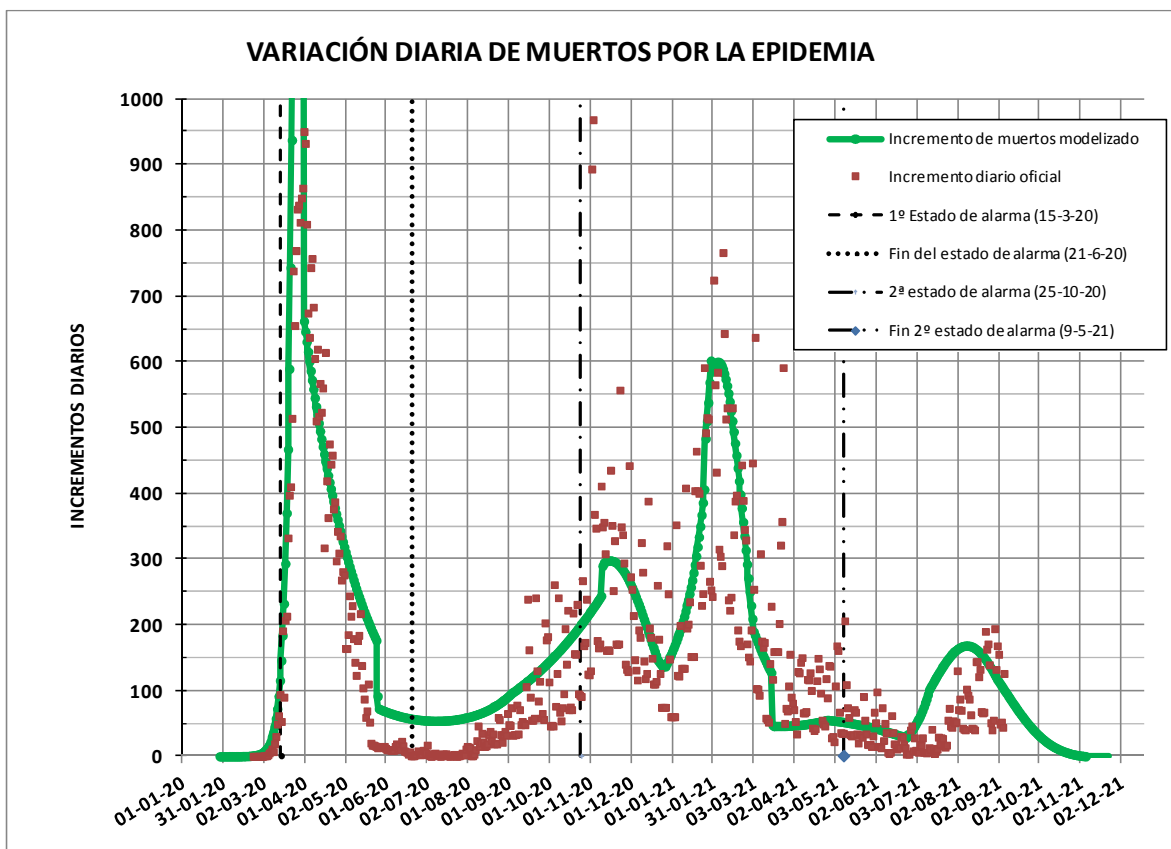
octubre puede alcanzar al 90% de la población, con lo que se conseguiría la inmunidad de rebaño:



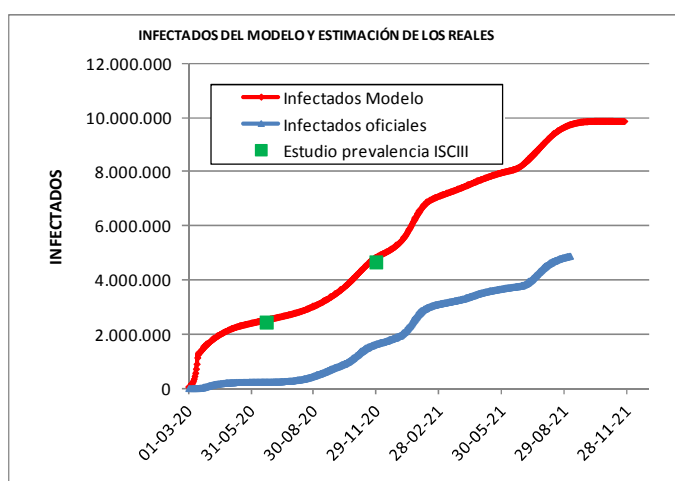
El modelo simula adecuadamente la evolución de la pandemia y apunta a un rápido descenso hacia unos 1900 infectados diarios a final de septiembre. Las cifras del modelo casi duplican a las de las estadísticas oficiales al simular los infectados muy leves o asintomáticos no detectados, con lo que ofrece una evolución global de la pandemia



La tasa de fallecimientos en el pico de la 5ª ola ha sido de unos 200 muertos diarios y prevé un descenso lento a lo largo del mes de septiembre. Comparada con la 1ª y 3ª Ola la mortalidad ha sido muy inferior a la de aquellas. A finales de septiembre la mortalidad descenderá por debajo de 50 muertes diarias



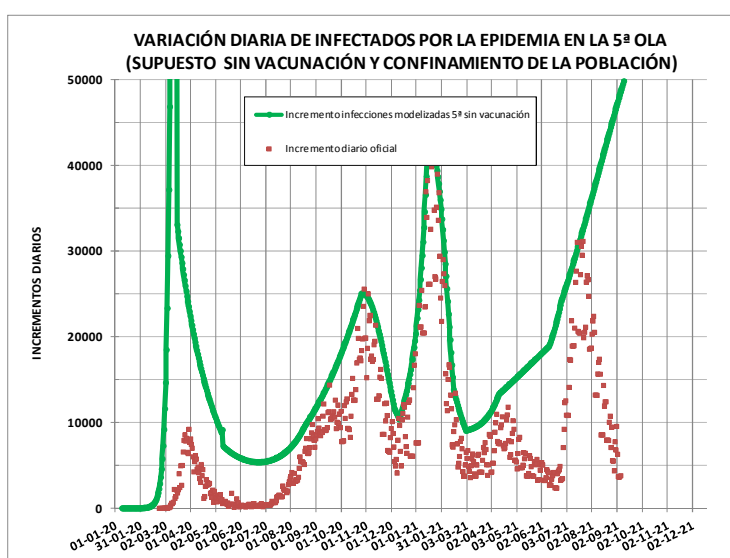
Los ajustes del modelo son compatibles con los con los resultados de los dos estudios de prevalencia realizados por el Instituto de Salud Carlos III en los meses de junio y diciembre.



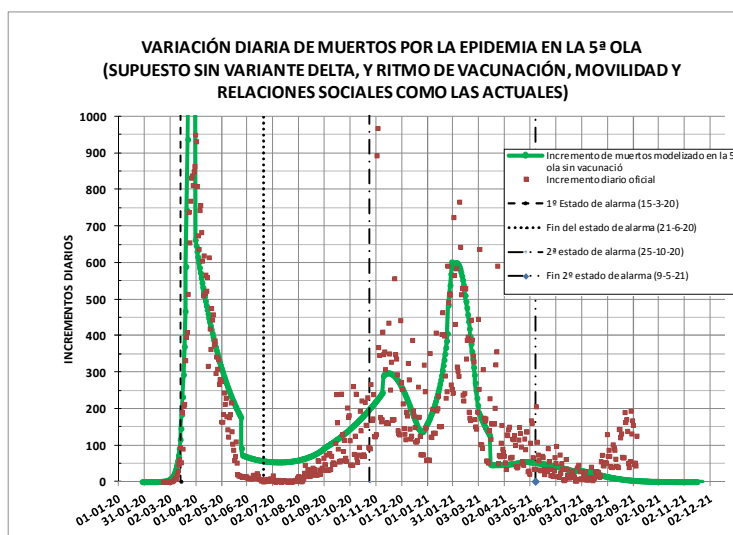
A partir del modelo se deduce que a la fecha actual el total de infectados (incluidos los no detectados por test PCR) sería de 2 veces la cifra oficial y los muertos totales multiplicarían por 1,34 los ofrecidos por las estadísticas oficiales.

MODELO EPIDEMIOLÓGICO SIR DE LA PANDEMIA DE CORONAVIRUS			
DATOS MODELO/ DATOS OFICIALES			
PERIODO	FECHA	INFECTADOS	MUERTOS
ANTES ESTADO DE ALARMA	12/03/2020	137	2,61
MEDIDAS DE MITIGACIÓN (CONFINAMIENTO GENERAL)	10/05/2020	10,0	1,58
2ª, 3ª, 4ª y 5ª OLA	06/09/2021	2,0	1,34

He simulado en el modelo el comportamiento de la pandemia en la 5ª ola teniendo en cuenta la mayor tasa de reproductividad de la variante *Delta* del coronavirus y en el supuesto de que no se estuviera vacunando a la población. Se evidencia que hubiera sido necesario un nuevo confinamiento general de la población como en la 1ª ola y se habría desbordado el sistema sanitario español:



También he modelado la hipótesis de que no hubiera aparecido la variante *Delta* de la COVID, se hubiera desarrollado el ritmo actual de vacunación y las pautas de movilidad y comportamiento social fueran las que hemos desarrollado durante este verano: en este supuesto no se habrían producido apenas muertes en la 5ª Ola



## ESTIMACIÓN DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA

Conociendo la limitación del impacto de la pandemia del coronavirus que reflejan las cifras oficiales del Ministerio de Sanidad, he intentado establecer una hipótesis de la realidad de la infección en España. He supuesto que la incidencia de la infección debe ser similar en toda una población determinada, independiente de las cohortes de edad, aunque si sean muy diferentes los efectos de la infección en las distintas etapas de la vida. Hasta finales de mayo el número de infectados sintomáticos, con diversa gravedad, debía ser del orden de 6,9 veces la cifra reconocida oficialmente a partir de los diagnósticos, escasos, con test PCR:

Al ir extendiendo los test PCR a cualquier persona con algún síntoma y su círculo de contactos ha ido disminuyendo la relación entre infectados estimados y los diagnosticados a 1,54 veces:

CASOS DE COVID-19, DESDE EL 23-2-20 AL 28-8-21, POR GRUPO DE EDADES EN ESPAÑA (*)													
EADAES	POBLACION (MILES)	CASOS DESDE EL 23-2-20								CASOS TRES ULTIMAS SEMANAS		INFECTADOS ESTIMADOS DESDE EL 22 DE MAYO 2020/ INFECT. COMPROBADOS (**)	
		INFECTADOS	PREVALENCIA (INFECT./100 MIL HAB.)	HOSPITALIZ.	UCI	MUERTOS	TASA DE HOSPITAL. (HOSPIT./100 MIL HAB.)	TASA DE UCI (INGRESADOS EN UCI./100 MIL HAB.)	TASA DE MORTALIDAD (MUERTOS/100 MIL HAB.)	TASA DE LETALIDAD (%)	INFECTADOS		PREVALENCIA (INFECT./100 MIL HAB.)
<5	1982	147217	7428	2226	112	8	112,3	5,7	0,4	0,0	8367	422	2,1
5-9	2325	194447	8363	795	58	8	34,2	2,5	0,3	0,0	10519	452	1,9
10-19	4912	654853	13332	3858	251	21	78,5	5,1	0,4	0,0	36386	741	1,2
20-29	4945	776713	15707	13054	700	110	264,0	14,2	2,2	0,0	30314	613	1,0
30-39	6230	693213	11127	24286	1769	254	389,8	28,4	4,1	0,0	23691	380	1,4
40-49	7892	767224	9722	43126	4044	902	546,5	51,2	11,4	0,1	25335	321	1,6
50-59	7033	647371	9205	61955	7807	3174	880,9	111,0	45,1	0,5	19357	275	1,7
60-69	5337	416453	7803	70959	11707	8253	1329,6	219,4	154,6	2,0	12392	232	2,0
70-79	3960	265261	6699	76343	9826	18373	1927,9	248,1	464,0	6,9	8532	215	2,3
80-89	2269	204395	9008	76914	1621	33970	3389,8	71,4	1497,1	16,6	6699	295	1,7
>90	565	78925	13969	28205	209	19057	4992,0	37,0	3372,9	24,1	2492	441	1,1
<b>TOTAL</b>	<b>47450</b>	<b>4846072</b>	<b>10213</b>	<b>401721</b>	<b>38104</b>	<b>84130</b>	<b>846,6</b>	<b>80,3</b>	<b>177,3</b>	<b>1,7</b>	<b>184084</b>	<b>388</b>	<b>1,54</b>

El modelo epidemiológico es congruente con una tasa de infección real 2 veces superior a la deducida de los datos oficiales, debido a los infectados asintomáticos y a los muy levemente sintomáticos no detectados. Asimismo del modelo se desprende que la cifra de muertos reales debe ser del orden de 1,34 veces a la ofrecida en las cifras oficiales de fallecidos, lo que es concordante con el exceso de mortalidad detectado en los estudios MoMo del Instituto de Salud Carlos III y del Exceso de defunciones por COVID del INE.

A fecha de 6 de septiembre la cifra oficial de infectados es de 4893 miles (a los estimo que habría que añadir 4859 miles de infectados no detectados, en su gran mayoría asintomáticos), que se corresponde con una tasa oficial de 100,4 miles de infectados por millón de habitantes con lo que mi estimación los elevaría a 9,75 millones de infectados, un 20,7% de la población.

La cifra oficial de fallecidos es de 85,1 miles, que probablemente asciendan a cerca de 114 mil al dejar de reflejar las estadísticas oficiales a los fallecidos con trastornos compatibles con el coronavirus pero a los que no se les ha hecho el test de diagnóstico (téngase como referencia las más de 18 mil muertes en residencias de mayores durante la 1ª Ola). Esta estimación también reduce la tasa de letalidad actual desde el 1,7% oficial al 1,2%, cifra más cercana respecto a las señaladas en la bibliografía sobre el coronavirus.

ESTIMACION DE INFECTADOS Y MUERTOS POR CORONAVIRUS EN ESPAÑA				
FECHA	06/09/2021		OFICIAL	ESTIMADA
ESTIMACIÓN INFECTADOS SINTOMÁTICOS/ OFICIALES EN LA FASE DE CONFINAMIENTO				6,92
ESTIMACIÓN INFECTADOS SINTOMÁTICOS/ OFICIALES DESDE EL 11 DE MAYO DE 2020				1,54
INFECTADOS SINTOMÁTICOS A 10 DE MAYO 2020 (Comprobados con test PCR)			227.436	1.574.000
INFECTADOS A LA FECHA (Comprobados con test PCR)			4.892.640	8.749.000
PREVALENCIA (INFECTADOS/ 100.000 HAB.)			10410	18615
ESTIMACIÓN INFECTADOS TOTALES/ COMPROBADOS				1,11
INFECTADOS ASINTOMÁTICOS NO COMPROBADOS (HABITANTES)				1.003.000
ESTIMACIÓN DE INFECTADOS TOTALES A LA FECHA (HABITANTES)				9.752.000
				20,7% de la población
MUERTOS TOTALES/ MUERTOS ESTADISTICA OFICIAL				1,34
MUERTOS			85.066	114.000
TASA DE LETALIDAD (MUERTOS/ INFECTADOS TOTALES) (%)			1,7	1,2

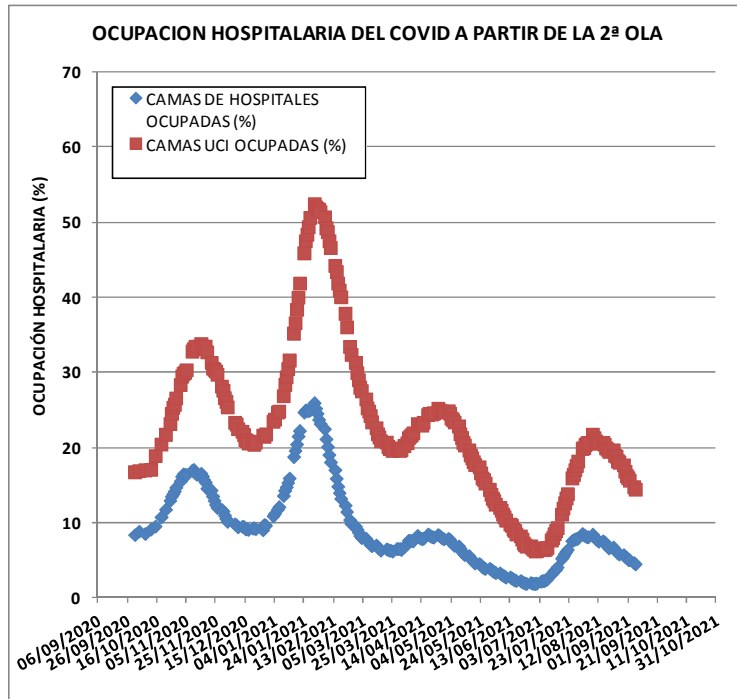
Al final de la 5ª oleada de la pandemia podríamos alcanzar 4,97 millones de infectados diagnosticados con test PCR y del orden del 9,86 millones de infectados totales, incluyendo los asintomáticos no detectados y con síntomas leves, que representarán un 21% de la población (la cuarta ronda del estudio nacional de sero-epidemiología señalaba una prevalencia del coronavirus del 9,9% a finales de diciembre

ESTIMACIÓN DE TASAS DE INFECCIÓN Y LETALIDAD AL FINAL DE LA 5ª OLA DE LA PANDEMIA DE CORONAVIRUS		
	OFICIAL	ESTIMADA
INFECTADOS AL FINAL DE LA 5ª OLEADA (Comprobados con test PCR)	4.957.000	8.847.806
	10,5% de la población	18,8% de la población
INFECTADOS TOTALES (SINTOMÁTICOS Y ASINTOMÁTICOS) AL FINAL DE LA 5ª OLEADA		9.862.000
		21% de la población
MUERTOS AL FINAL DE LA 5ª OLEADA	86.150	115.000
TASA DE LETALIDAD (MUERTOS/ INFECTADOS SINTOMÁTICOS TOTALES) (%)	1,74	1,30
TASA DE LETALIDAD (MUERTOS/ INFECTADOS TOTALES) (%)		1,17

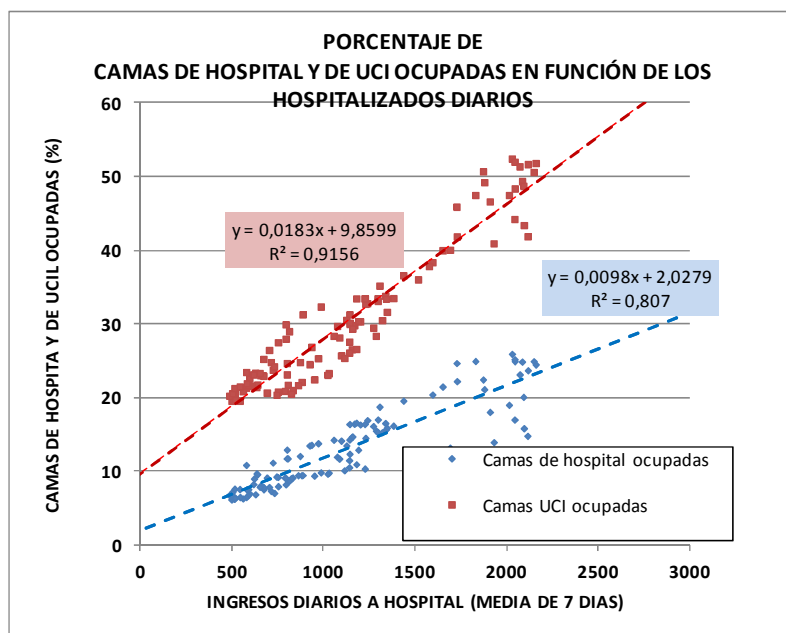
La cifra de muertos alcanzaría las 86150 fallecidos contabilizadas y del orden de 115 mil muertos totales, incluidos los que no se les ha hecho el test PCR de confirmación. La tasa de letalidad descendería hasta el 1,74% según cifras oficiales y hasta el 1,2% con referencia a la totalidad de infectados (sintomáticos y asintomáticos).

Esta importante reducción de la tasa de letalidad se ha conseguido gracias a la buena respuesta, aunque estresada, de nuestro sistema público de salud, puesto que de no haber podido atender las hospitalizaciones y cuidados intensivos de los enfermos con

mayores patologías se habría disparado la tasa de letalidad. Se comprueba así la utilidad de los dos Estados de Alarma para reducir rápidamente primero la tasa de infectados y posteriormente la de hospitalizados, ingresados en UCI y finalmente las muertes. En la 3ª Ola el pico de hospitalizados se produjo hacia el 25 de enero y el de ocupación de camas de UCI hacia el 31 de enero. En la 4ª ola la ocupación hospitalaria y de camas UCI ha sido mucho menor y está descendiendo en la actualidad. La 5ª ola que se ha desarrollado sin las medidas de contención inducidas por el estado de alarma ha podido ser asimilada sin excesivo estrés por el sistema sanitario, salvo en Madrid y Cataluña.



Hay una clara relación entre los ingresos diarios a hospitales, a su vez correlacionados con los infectados diarios, y la presión en las camas hospitalarias y de la UCI



## **LAS LECCIONES QUE DEBERIAMOS HABER APRENDIDO DEL CORONAVIRUS**

Como era de prever los intentos de volver al estilo de vida “habitual” durante el verano de 2020 no permitieron mantener la pandemia controlada, y por ello hemos desembocado sin apenas transición hasta la 5ª ola, al reincidir en el período pre festivo de diciembre y las navidades relajando la movilidad y las interacciones sociales, en menor medida durante la semana santa y con la casi desaparición de las limitaciones conductuales por motivos sanitarios durante este verano. De los éxitos y fracasos en la gestión del coronavirus debemos aprender de cara a esta u otras pandemias.

La primera lección es que el desarrollo de la pandemia no está escrito y que depende del acierto en la modulación de las restricciones sanitarias que determinen las autoridades, basadas en el mejor conocimiento de los expertos y al mismo tiempo que aminoren los impactos socioeconómicos y la tensión psicológica de la población. Y como no, de la responsabilidad individual de todos los ciudadanos para adaptarnos a las limitaciones de nuestra libertad.

La segunda lección es que la controversia entre dominar el virus o restablecer la economía es falsa: sin controlar la pandemia el intento de restablecer la actividad económica deriva en recaídas en las tasas de prevalencia y de letalidad, que vuelven a frenar el desarrollo económico.

La tercera lección es que la vacunación de gran parte de la población al año y medio de iniciarse la pandemia, sin distinciones sociales y con prioridad de las cohortes de edad más vulnerables a la misma, permitirá el control de la misma y evitar muchas muertes. Como corolario, debe extenderse rápidamente la vacunación a toda la población mundial. Se ha planteado a la hora de fijar los protocolos de vacunación que grupos sociales deben priorizarse, tanto a nivel nacional como mundial, utilizándose criterios sanitarios y éticos, que a veces parecen excluyentes, cuando en realidad la preferencia entre ellos puede ser únicamente temporal, puesto que hasta que la población mundial no esté inmunizada totalmente ningún ciudadano lo estará definitivamente. Con la capacidad de producción mundial de vacunas es probable que hasta finales de 2022 o mitad de 2023 no se haya conseguido vacunar a la mayor parte de la población mundial, con lo cual hasta esta fecha los movimientos de la población y la economía mundial se resentirán del impacto directo de la pandemia. Surge, además, la duda de si habrá que vacunar anualmente a toda la población de riesgo, como pasa con la gripe. La realidad ha dejado al descubierto los posicionamientos antivacunas.

La cuarta lección afecta a las autoridades a las que debemos exigir liderazgo, responsabilidad, pedagogía, transparencia y anticipación a la hora de decidir las medidas para frenar la pandemia. Pero una gran responsabilidad social e individual nos debe obligar a respetar las medidas de relación social y las recomendaciones de las autoridades sanitarias que eviten el contagio del coronavirus, en el momento en que las instrucciones coercitivas de las administraciones que se establecieron durante el estado de alarma han decaído. Debe combinarse inteligentemente el mantenimiento del distanciamiento social con establecer lo más posible las relaciones humanas que

nos satisfacen vitalmente y crean los vínculos sociales imprescindibles para mantener la cohesión social.

La quinta lección consiste en que debemos empezar a pensar, y actuar, en un nuevo paradigma del bienestar mundial que pueda superar en el corto plazo los severos impactos socioeconómicos que nos dejará el coronavirus, que afronte con decisión la emergencia climática, destierre los conflictos armados y cree las bases institucionales para reducir las desigualdades exacerbadas de nuestra sociedad. Tenemos que entender que no estamos en la naturaleza, sino que somos naturaleza. ¿Aspiro a mucho?, pues sí, lo aspiro, aún sabiendo que probablemente no lo alcancemos y animo a que todos rememos en esta dirección para acercarnos lo más posible al mismo.

## ANEXO 1: DISTRIBUCIÓN GOMPERTZ

Es una función asimétrica cuya distribución es:

$$\text{Inf}(t) = a \cdot e^{(b \cdot c^t - c \cdot t)}$$

$\text{Inf}(t)$  es el total de Infectados a la fecha  $t$

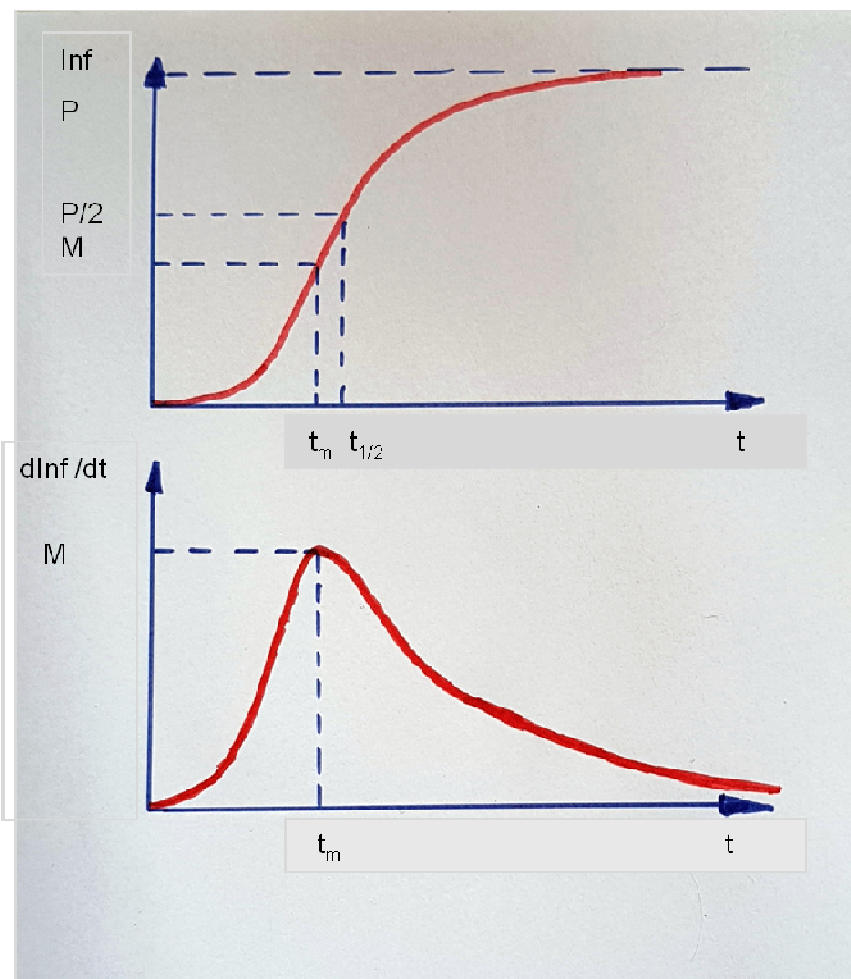
Los parámetros  $a, b$  y  $c$  son:

$$a = P \quad (P = \text{Población susceptible de ser infectada})$$

$$b = e^{(e^{(t_m \cdot M/P)})} \quad (M = \text{Infectados máximos diarios y } t_m = \text{día en que se produce } M \text{ infecciones})$$

$$c = e \cdot M/P$$

$$t_{1/2} = -\frac{\ln(\ln(2)/b)}{c} \quad (\text{día en que se ha infectado la mitad de la población susceptible})$$



## ANEXO 2: DISEÑO DEL MODELO EPIDEMIOLÓGICO SIR DE 3 COMPARTIMENTOS

Las fórmulas empleadas en el modelo son:

**Modelo epidemiológico compartimentado básico**  
(Am J Public Health. 2018 December)

$$(1) \frac{dS}{dt} = -\frac{\beta I}{N} S$$
$$(2) \frac{dI}{dt} = \frac{\beta I}{N} S - \gamma^* I$$
$$(3) \frac{dR}{dt} = \gamma^* I$$
  
$$(4) F_t = \lambda^* I_{t-TI-Tf}$$
$$(5) N = S + I + R + F$$

N - Población  
S - Susceptibles de infección  
I - Infectados  
R - Recuperados de la infección  
F - Fallecidos  
Ro=( β/γ) -Tasa de reproductividad  
λ - Tasa de letalidad  
Ti = 1/γ - Período infeccioso  
TI =1/v -Periodo de latencia  
Tf - Tiempo de infección a muerte

Al Modelo SIR le he añadido un submodelo de fallecidos, para completar el total de estados de desarrollo del COVID 19

- El día del máximo incremento de infecciones se produce cuando:  $dI / dt = 0$
- El día del máximo de infectados sin recuperar se produce cuando:  $dS / dt = -dR / dt$
- Esta última condición se produce cuando:  $S / N = \gamma / \beta = 1 / R_0$
- A partir de este día puede considerarse que se produce la inmunidad de grupo

Los tramos de la pandemia simulados son:

1. Estado inicial de avance del coronavirus (desde el 11 de enero a 14 de marzo)
2. Estado de alarma (del 15 de marzo al 9 de mayo)
3. Fase de retorno parcial y escalonado a la actividad y 2ª Ola (del 10 de mayo al 24 de octubre)
4. Mitigación de la segunda ola y 2º Estado de alarma (25-10-20)
5. 4ª Ola (1-3-21)
6. 5ª Ola (10-6-21)

Los parámetros con los que al final lo he ajustado son:

POBLACIÓN DE ESPAÑA (MILLONES HAB.)		47
Características de desarrollo del COVID 19	Período de latencia e infectivo (días)	6
	Periodo de infección (días)	18
	Tiempo de generación (días)	24
	Tasa de letalidad inicial (%)	2,00
	Tiempo incubación-muerte (días)	16
Inicio pandemia	Población expuesta (%)	100
	Beta	0,318
	Gama	0,055
	R0	5,78
Medidas de mitigación de emergencia (Confinamiento general)	Fecha	15/03/2020
	Día desde la primera infección	66
	Población expuesta (%)	40
	Reducción R0 inicial (%)	74,0
	Beta	0
	Gama	0,055
Medidas de Desescalamiento y 2ª Ola	R0	2
	Fecha	10-5-20
	Día desde la primera infección	122
	Periodo transición (días)	100
	Población expuesta (%)	100,0
	Reducción R0 inicial (%)	76,5
	Beta	0,075
	Gama	0,055
Medidas de mitigación de la 2ª Ola	R0	1,36
	Tasa de letalidad (%)	1,00
	Fecha	25-10-20
	Día desde la primera infección	290
	Periodo transición (días)	40
	Población expuesta (%)	100,0
	Reducción R0 inicial (%)	87,5
	Beta	0,040
3ª Ola	Gama	0,055
	R0	0,72
	Tasa de letalidad (%)	1,10
	Fecha	10-12-20
	Día desde la primera infección	336
	Periodo transición (días)	35
	Población expuesta (%)	100,0
	Reducción R0 inicial (%)	64,5
Fase de vacunación inicial	Beta	0,113
	Gama	0,055
	R0	2,05
	Tasa de letalidad (%)	1,15
	Fecha inicio efecto vacunación	11-1-21
Medidas de mitigación de la 3ª Ola	% Pobl. Vacunada inmunizada	0,077
	Fecha	10-1-21
	Día desde la primera infección	367
	Periodo transición (días)	35
	Población expuesta (%)	100,0
	Reducción R0 inicial (%)	90,0
	Beta	0,032
	Gama	0,055
4ª Ola	R0	0,58
	Tasa de letalidad (%)	1,30
	Fecha	1-3-21
	Día desde la primera infección	417
	Periodo transición (días)	40
	Población expuesta (%)	100,0
	Reducción R0 inicial (%)	77,0
	Beta	0,073
Fase de vacunación a partir 15-3-21	Gama	0,055
	R0	1,33
	Tasa de letalidad (%)	0,50
	Fecha inicio vacunación	30-3-21
	% Pobl. Vacunada inmunizada	0,243
Fase de vacunación a partir 1-5-21	Fecha inicio vacunación	16-5-21
	% Pobl. Vacunada inmunizada	0,405
	Fecha	10-6-21
	Día desde la primera infección	518
	Periodo transición (días)	15
5ª Ola	Población expuesta (%)	100,0
	Reducción R0 inicial (%)	35,0
	Beta	0,207
	Gama	0,055
	R0	3,76
	Tasa de letalidad (%)	0,600
	Fecha inicio vacunación	30-6-21
	% Pobl. Vacunada inmunizada	0,477
Fase de vacunación a partir 1-8-21	Fecha inicio vacunación	16-8-21
	% Pobl. Vacunada inmunizada	0,315
Fase de vacunación a partir 1-9-21	Fecha inicio vacunación	16-9-21
	% Pobl. Vacunada inmunizada	0,360

Los resultados del modelo y la comparación con los datos oficiales son:

RESUMEN DEL MODELO SIR DE 3 COMPARTIMENTOS Y COMPARACIÓN CON LOS DATOS OFICIALES DE LA PANDEMIA												
FECHA	DATOS DEL MODELO SIR DE 3 COMPARTIMENTOS							DATOS OFICIALES		DATOS MODELO/ DATOS OFICIALES		
	DIA DESDE EL 1º CONTAGIO	FASE DE LA PANDEMIA	POBLACIÓN SUSCEPTIBLE DE INFECTARSE (MILES HABIT.)	INFECTADOS TOTALES	INFECTADOS SUSCEPTIBLES DE INFECTAR	RECUPERADOS	MUERTOS	INFECTADOS	MUERTOS	INFECTADOS	MUERTOS	
11/01/2020	0	ESTADO INICIAL	47.000	0	0	0	0					
27/01/2020	16		47.000	20	16	3	0					
10/02/2020	30		47.000	523	433	90	0					
28/02/2020	48		46.972	34.989	28.936	6.053	17	45	0	778		
05/03/2020	54		46.888	141.744	117.196	24.548	68	400	5	354	13,6	
10/03/2020	59		46.641	452.916	374.246	78.670	218	2.277	54	199	4,0	
15/03/2020	64	ESTADO DE ALARMA	18.800	1.257.205	1.006.642	250.563	700	9.942	342	126	2,0	
20/03/2020	69		18.553	1.414.890	899.519	515.371	2.246	25.374	1.375	56	1,6	
26/03/2020	75		18.383	1.580.538	784.519	796.020	9.058	64.059	4.858	25	1,9	
01/04/2020	81		18.237	1.723.686	683.069	1.040.617	25.806	110.238	10.003	16	2,6	
10/04/2020	90		18.053	1.902.665	553.476	1.349.189	31.092	161.852	16.353	12	1,9	
03/05/2020	113		17.733	2.214.988	319.835	1.895.153	40.340	219.141	25.428	10,1	1,6	
10/05/2020	120		18.800	2.280.437	270.617	2.009.820	42.265	227.436	26.744	10,0	1,6	
17/05/2020	127		18.451	2.329.248	223.472	2.105.775	43.886	231.606	27.709	10,1	1,6	
31/05/2020	141		RECUPERACIÓN PARCIAL DE LA ACTIVIDAD	22.311	2.416.648	162.787	2.253.861	45.870	239.638	28.110	10,1	1,6
30/06/2020	171		30.606	2.581.920	110.872	2.471.049	47.667	249.659	28.363	10,3	1,7	
20/07/2020	191	2ª OLA	36.132	2.696.397	107.107	2.589.290	48.751	266.194	28.424	10,1	1,7	
31/07/2020	202		39.162	2.768.716	113.245	2.655.471	49.376	291.980	28.456	9,5	1,7	
31/08/2020	233		43.957	3.055.050	168.550	2.886.500	51.597	470.973	29.249	6,5	1,8	
30/09/2020	263		45.492	4.159.596	397.964	3.761.632	55.077	778.607	31.973	5,3	1,7	
31/10/2020	294	MITIGACIÓN DE LA 2ª OLA	45.429	4.186.660	403.140	3.783.520	60.612	1.225.434	36.127	3,4	1,7	
30/11/2020	324	43.654	4.872.372	389.048	4.483.325	68.763	1.656.444	45.511	2,9	1,5		
31/12/2020	355	42.060	5.358.462	324.861	5.033.601	74.535	1.935.910	50.897	2,8	1,5		
31/01/2021	386	39.743	6.575.531	675.450	5.900.081	84.160	2.788.182	59.081	2,4	1,4		
28/02/2021	414	3ª, 4ª Y 5ª OLA	38.169	7.114.998	367.785	6.747.213	97.649	3.125.122	69.609	2,3	1,4	
31/03/2021	445		36.683	7.408.738	207.992	7.200.746	100.973	3.295.698	75.562	2,2	1,3	
30/04/2021	475		32.940	7.725.158	193.611	7.531.546	102.492	3.535.622	78.287	2,2	1,3	
31/05/2021	506		27.991	7.988.474	154.410	7.834.064	104.027	3.691.718	80.058	2,2	1,3	
30/06/2021	536		21.993	8.287.847	208.073	8.079.774	105.106	3.821.305	80.883	2,2	1,3	
31/07/2021	567		14.256	9.083.480	436.845	8.646.635	108.503	4.484.267	81.591	2,0	1,3	
31/08/2021	598		7.825	9.690.970	336.169	9.354.801	113.307	4.861.883	84.472	2,0	1,3	
06/09/2021	604		6.873	9.752.057	292.301	9.459.757	113.961	4.892.640	85.066	2,0	1,3	