

Suficiencia sanitaria y COVID-19

Health sufficiency and COVID-19

Javier M. Moguerza

 <https://orcid.org/0000-0003-1415-1961> | Academia Joven de España, Universidad Rey Juan Carlos | javier.moguerza@urjc.es

Salvador Perelló Oliver

 <https://orcid.org/0000-0003-2655-440X> | methaodos.org, Universidad Rey Juan Carlos | salvador.perello@urjc.es

Isaac Martín de Diego

 <https://orcid.org/0000-0001-5197-2932> | Data Science Lab., Universidad Rey Juan Carlos | isaac.martin@urjc.es

Víctor Aceña

 <https://orcid.org/0000-0003-1838-2150> | Data Science Lab., Universidad Rey Juan Carlos | victor.acena@urjc.es

Marina Cuesta

 <https://orcid.org/0000-0002-1880-9225> | Data Science Lab., Universidad Rey Juan Carlos | marina.cuesta@urjc.es

Carmen Lancho

 <https://orcid.org/0000-0002-4674-1598> | Data Science Lab., Universidad Rey Juan Carlos | carmen.lancho@urjc.es

César González Fernández

 <https://orcid.org/0000-0003-0724-0819> | Data Science Lab., Universidad Rey Juan Carlos | cesar.gonzalezf@urjc.es

Recibido: 15-03-2020
Aceptado: 29-04-2020



Resumen

COVID-19 es una enfermedad infecciosa, altamente contagiosa, que se propaga por contacto o cercanía cuando una persona infectada tose o estornuda. Según los estudios actuales, la letalidad no es alta, pero a causa de la facilidad de contagio, esta enfermedad ha provocado un estado mundial de pandemia. Debido a ello, se ha originado el colapso de los sistemas sanitarios de todos los países afectados. Dada la dificultad de obtener las características de los sistemas sanitarios de los distintos países, urge diseñar indicadores capaces de comparar el estado de estos sistemas y evaluar su evolución en función de la incidencia y morbilidad de la enfermedad. En este trabajo se presenta el Indicador de Suficiencia Sanitaria (ISS), en sus versiones acumulada y diaria, que permite evaluar la capacidad que tiene un sistema de salud para responder a las necesidades derivadas de una pandemia. Este indicador es útil para comparar el desarrollo de la enfermedad entre los distintos países con los datos disponibles. Además, se analizan otros indicadores habituales relativos al número de casos, número de fallecidos y número de altas en el sistema de salud. Finalmente, se utiliza el indicador para estimar el desarrollo de la enfermedad y su impacto en el sistema sanitario en España, tanto a nivel nacional como a nivel regional.

Palabras clave: indicadores, COVID-19, suficiencia, sanidad, saturación.

Abstract

Covid-19 is an infectious and highly contagious disease that is spread through contact or proximity when an infected person coughs or sneezes. According to recent studies, lethality caused by COVID-19 is not high, but due to the ease of transmission, dissemination and contagion, this disease has caused a worldwide pandemic status. As a result, health systems in all the affected countries have collapsed. Given the difficulties to obtain the features of any country all around the world, it is essential to design indicators capable of comparing the state of the systems and evaluating their evolution, according to the incidence and mortality of the disease in the population. This work presents the Health Sufficiency Indicator (HSI), in its accumulated and daily versions, which allows to evaluate the capacity of a health system to give response to the corresponding needs arising from a pandemic. This indicator is useful to compare the development of the disease among countries with the available data. In addition, other common indicators relation to the number of cases, number of deaths and number of discharges are analyzed. Finally, the HSI is used to estimate the development of the disease and its impact on the Spanish health system, both on national and regional levels.

Key words: indicators, COVID-19, sufficiency, health, saturation.

Sumario

1. Introducción | 2. Metodología | 2.1. Definiciones | 3. Resultados | 3.1. España | 3.1.1. Comunidades Autónomas | 3.1.2. Indicadores acumulados | 3.1.3. Análisis de la saturación sanitaria | 3.1.4. Ratios de Cobertura Potencial | 3.1.5. Suficiencia Sanitaria vs Cobertura Potencial | 3.2. Comparación entre países | 3.2.1. Porcentajes acumulados de diagnosticados fallecidos | 3.2.2. Indicadores acumulados de recuperados | 3.2.3. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado | 3.2.4. Ratios diarias de fallecidos por nuevos diagnosticados | 3.2.5. Ratios diarias de recuperados por nuevos diagnosticados | 3.2.6. Indicadores de Suficiencia Sanitaria diarios | 3.2.7. Porcentajes diarios de nuevos casos activos | 3.3. Comparativa de España frente a Europa | 3.3.1. Porcentajes acumulados de diagnosticados fallecidos | 3.3.2. Porcentajes acumulados de diagnosticados recuperados | 3.3.3. Indicadores de Suficiencia Sanitaria acumulados | 3.3.4. Ratios diarias de fallecidos por nuevos diagnosticados | 3.3.5. Ratios diarias de recuperados por nuevos diagnosticados | 3.3.6. Indicadores de Suficiencia Sanitaria diarios | 3.3.7. Porcentajes diarios de nuevos casos activos | 4. Predicciones | 5. Conclusiones | Referencias bibliográficas

Cómo citar este artículo

Moguerza, J.M., Perelló Oliver, S., Martín de Diego, I., Aceña, V., Cuesta, M., Lancho, C. y González Fernández, C. (2020): "Suficiencia sanitaria y COVID-19", *methaodos. revista de ciencias sociales*, 8 (1):140-168. <http://dx.doi.org/10.17502/m.rcs.v8i1.349>

1. Introducción*

En una situación de pandemia como la actual es necesario dotar a la población de información de calidad mediante el uso de indicadores objetivos, precisos y comprensibles, evitando en todo momento la información interesada y las noticias falsas. En general, los métodos estadísticos aplicados, tanto numéricos como gráficos, transfieren los datos de entrada en representaciones abstractas que son muy eficaces pero difíciles de comprender para la sociedad en general. Y cuando esa comprensión se alcanza, en muchos casos está sesgada o manipulada por los más variopintos intereses. En la mayoría de los casos, ni los investigadores ni los métodos empleados son capaces de explicar cómo y por qué se ha hecho una determinada predicción. Sin embargo, en el caso que nos ocupa (una pandemia que afecta, directa o directamente, al 100% de la sociedad) es esencial proporcionar información detallada sobre los indicadores calculados para que la sociedad pueda comprender las decisiones que se derivan de ella. Esto es importante para que los individuos y las comunidades confíen en las decisiones tomadas por los dirigentes políticos y sanitarios. Así mismo, es necesario informar adecuadamente a los responsables buscando una mejor comprensión de los indicadores.

Entendemos por suficiencia sanitaria la capacidad que tiene un sistema de salud para dar respuesta a las necesidades derivadas de un creciente número de contagios en un escenario de pandemia. Los datos que se presentan a la sociedad durante una pandemia se centran fundamentalmente en el conjunto acumulado de casos totales, el número de fallecidos y los pacientes recuperados. En numerosas ocasiones el único dato que se ofrece es el acumulado, y en otras ocasiones, el dato diario, aunque este no suele ponerse en contexto. Esto es, se ofrece el dato crudo sin hacer un estudio relativo respecto al total.

Es necesario contar con indicadores que midan, en tiempo real, la suficiencia sanitaria en un estado de pandemia. Estos indicadores, que se podrían calcular a distintos niveles (país, región, hospital, etc.), harán visible la capacidad de los sistemas sanitarios para hacer frente a las necesidades que se derivan de un estado de pandemia. En caso de disponer de los datos, sería de gran interés realizar el análisis en todos los niveles anteriormente mencionados, si bien es cierto que en ocasiones hemos de conformarnos con el dato a nivel nacional o, en el mejor de los casos, regional.

El presente trabajo muestra un análisis longitudinal del impacto que en términos de morbilidad, letalidad y recuperación está causando la enfermedad COVID-19 en España. Para llevar a cabo este análisis se ha diseñado el Indicador de Suficiencia Sanitaria (ISS). El indicador se presenta en dos versiones, acumulada y diaria. Valores altos del ISS indican que el sistema sanitario tiene la capacidad de absorber el flujo de diagnósticos confirmados de coronavirus al objeto de que puedan ser tratados según los protocolos establecidos. Por el contrario, valores bajos del ISS revelarán limitaciones operativas del sistema sanitario, que impedirán la correcta gestión del flujo de casos diagnosticados.

Los datos con los que se ha realizado la investigación se han extraído de la web del Center for Systems Science and Engineering (CSSE), de la Universidad Johns Hopkins (JHU); y, para España, de la web de la Secretaría General de Sanidad de España. La actualización de estos datos se realiza diariamente (a las 12:00 horas), cuando el Gobierno Español proporciona los datos oficiales relativos a la pandemia. Para los datos internacionales, la JHU ofrece actualizaciones diarias entre las 00:00 y la 1:30 horas.

El artículo se organiza como sigue. Tras la propuesta metodológica en la que se justifica la forma que toman los indicadores, se desarrolla el apartado de resultados en torno a tres bloques: España, Internacional y comparación con Europa. En el primer bloque se analizan los datos nacionales tanto a nivel global como autonómico. En el segundo se presenta un estudio comparado de la evolución en España en relación con los países más afectados por la pandemia (China, Italia, Estados Unidos, Alemania, Irán, Francia y Corea del Sur), y el tercer bloque se centra en la comparación de nuestro país con Europa. El análisis se basa en el seguimiento y evolución de los indicadores, tanto acumulados como diarios, del conjunto de pacientes atendidos (recuperados y fallecidos) por los respectivos sistemas de salud desde el inicio de la crisis provocada por el virus SARS-CoV-2. En un apartado subsiguiente y a partir de los resultados previos se presentan predicciones del ISS en las comunidades autónomas de España, basadas en el comportamiento de las propias comunidades y de otros países que se encuentran más avanzados en el estado de la pandemia. Por último, el último apartado incluye una breve discusión y presentación de los trabajos futuros.

* Este trabajo ha sido elaborado con la colaboración de la Academia Joven de España, y financiado parcialmente por el proyecto MODAS-IN (referencia: RTI2018-094269-B-I00) del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Los resultados actualizados pueden consultarse en la web del Data Science Lab, grupo de investigación en Fundamentos y Aplicaciones de la Ciencia de Datos de la Universidad Rey Juan Carlos, (DSLAB): <http://www.datasciencelab.es/research/projects/covid19/reports/covid19-report.html>.

2. Metodología

En el presente trabajo se desarrolla el Indicador de Suficiencia Sanitaria (ISS), en sus versiones acumulada (ISSa) y diaria (ISSd). El ISSd toma valores positivos, mientras que el ISSa presentará valores entre 0 y 100 por tratarse de un indicador porcentual. Valores altos del ISSa indican que el sistema tiene la suficiencia adecuada para absorber los problemas que se derivan de la pandemia. Sucesivos valores de ISSd por debajo de 1 implican posibles saturaciones del sistema sanitario, mientras que si el indicador se sitúa por encima de 1 evidencia mejores niveles de suficiencia. A modo de ejemplo, el día 28 de abril de 2020, el indicador ISSd tomó un valor en España de 1.51. El valor de ISSa alcanzado ese mismo día fue del 60.15%, siendo, hasta el momento, el máximo global durante toda la pandemia. Se aclara que para que el sistema comience a estabilizarse es necesario que el ISSa mantenga una tendencia creciente y que el ISSd se mantenga de manera sostenida por encima de 1.

Además del ISSa y el ISSd se calculan otras ratios para evaluar el avance de la pandemia como son: la ratio de cobertura potencial, la ratio de cobertura potencial UCI, el porcentaje acumulado de fallecidos y de recuperados, el porcentaje diario de fallecidos y de recuperados y el porcentaje diario de nuevos casos activos. En el siguiente apartado se presentan tanto la definición de estos dos indicadores, como de las variables y de los términos utilizados para construir los indicadores y los porcentajes empleados a lo largo de todo el estudio.

2.1. Definiciones

A partir de las variables de conteo proporcionadas por las fuentes mencionadas en la introducción, se definen diversas variables, porcentajes e índices que aportan información sobre el estado y la evolución de la pandemia. Las variables proporcionadas por las fuentes de información son las siguientes y consisten en conteos acumulados de datos oficiales, es decir, recogen el número de casos (ya sea diagnósticos positivos, recuperaciones o fallecimientos) ocurridos hasta una fecha determinada d .

- *Confirmados_d*: Número de diagnósticos confirmados acumulados hasta la fecha d . Esto es, el número total de enfermos hasta la fecha d con resultado positivo en la prueba para el diagnóstico del COVID-19.
- *Recuperados_d*: Número de casos COVID-19 que se han recuperado hasta la fecha d . Es decir, el número de pacientes acumulados a fecha d que, siendo diagnosticados previamente de coronavirus, han sido dados de alta del sistema sanitario con un resultado negativo en el test para diagnóstico del COVID-19.
- *Fallecidos_d*: Número de fallecimientos acumulados asociados al COVID-19 a fecha d . Es decir, el número total de fallecimientos de pacientes que habían sido diagnosticados previamente de coronavirus.

A partir de estas variables previas se han calculado las siguientes variables de conteo de casos, que aportan información añadida y útil sobre el estado de la pandemia:

- *NuevosCasos_d*: Número de casos nuevos de coronavirus que se detectan en el día d . Se corresponde con la diferencia de casos diagnosticados entre hoy y ayer, es decir:

$$\text{NuevosCasos}_d = \text{Confirmados}_d - \text{Confirmados}_{d-1} \quad (1)$$

- *RecuperadosDiarios_d*: Número de casos recuperados del COVID-19 contabilizados en el día *d*. Para calcular este número se restan a los casos acumulados de recuperados que hay en el día *d*, los que había en el día anterior:

$$\text{RecuperadosDiarios}_d = \text{Recuperados}_d - \text{Recuperados}_{d-1} \quad (2)$$

- *FallecidosDiarios_d*: Número de fallecimientos, asociados al coronavirus, ocurridos en el día *d*. Se calcula a través de la diferencia del número de fallecimientos acumulados entre dos días consecutivos:

$$\text{FallecidosDiarios}_d = \text{Fallecidos}_d - \text{Fallecidos}_{d-1} \quad (3)$$

- *Activos_d*: Casos activos al final del día *d*. Se dice al final del día porque no considera ni a los fallecidos ese día ni a los que se han recuperado ese día *d*. Es decir, no se están considerando aquellos individuos que el día *d* por la mañana tenían el virus y a lo largo de ese mismo día o bien fallecen o bien se recuperan. Por otro lado, sí que incluye los nuevos casos que han aparecido el día *d*.

$$\text{Activos}_d = \text{Confirmados}_d + \text{Fallecidos}_d + \text{Recuperados}_d \quad (4)$$

- *Atendidos_d*: Número acumulado de pacientes atendidos a fecha *d*, considerando como paciente ya ha sido atendido por el sistema sanitario aquel que o bien ha fallecido o bien se ha recuperado:

$$\text{Atendidos}_d = \text{Fallecidos}_d + \text{Recuperados}_d \quad (5)$$

- *AtendidosDiarios_d*: Número de pacientes atendidos en la fecha *d*. Es decir, la suma de los pacientes que han fallecido o se han recuperado ese día *d*:

$$\text{AtendidosDiarios}_d = \text{FallecidosDiarios}_d + \text{RecuperadosDiarios}_d \quad (6)$$

- *PreActivosDiarios_d*: Número de casos activos de coronavirus desde el cual se parte el día *d*. Es decir, el número de pacientes diagnosticados de coronavirus que tienen la enfermedad al principio del día *d*, porque el día anterior *d-1* ya la tenían. Así, el número de pre activos en el día *d* no es más que el número de activos que llegaron al final del día *d-1*:

$$\text{PreActivosDiarios}_d = \text{ActivosDiarios}_{d-1} \quad (7)$$

Nótese que esta variable no incluye los nuevos casos diagnosticados a lo largo del día d . Se corresponde, por tanto, al número de activos que llegan al final del día d menos los nuevos casos diagnosticados ese mismo día y teniendo en cuenta a aquellos pacientes que han fallecido o se han recuperado ese mismo día:

$$PreActivosDiarios_d = ActivosDiarios_d - NuevosCasos_d + FallecidosDiarios_d + RecuperadosDiarios_d \quad (8)$$

Para el estudio de la evolución de la pandemia se define el Índice de Suficiencia Sanitaria (ISS). Se presenta el ISS acumulado (ISSa), con el valor acumulado hasta la fecha d , y el ISS diario (ISSd) incluyendo sólo los casos ocurridos en esa misma fecha d .

- $ISSa_d$: Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado hasta la fecha d , que se calcula como la proporción entre los pacientes que ya han sido atendidos hasta la fecha d y el número de casos confirmados hasta esa misma fecha:

$$ISSa_d = Atendidos_d / Confirmados_d \quad (9)$$

Este indicador mide el porcentaje de presión acumulada que la pandemia añade al sistema sanitario y toma valores entre 0% y 100%. Valores bajos del $ISSa_d$ se corresponden con altos niveles de presión añadida dado que el número de pacientes acumulados que ya no requieren atención del sistema sanitario (pacientes atendidos) es bajo con respecto a los casos confirmados que han de ser atendidos. Análogamente, valores altos del $ISSa_d$ se corresponden con bajos niveles de presión añadida pues son muchos los pacientes sin necesidad de atención sanitaria en comparación con los casos confirmados. Idealmente se quiere alcanzar un nivel estable en 100%, lo que significa que ninguno de los casos confirmados de la enfermedad precisa más atención sanitaria.

- $ISSd_d$: Indicador de Suficiencia Sanitaria diario en la fecha d . Tiene en cuenta a los pacientes atendidos ese día y los nuevos casos diagnosticados:

$$ISSd_d = AtendidosDiarios_d / NuevosCasos_d \quad (10)$$

Este indicador mide la presión diaria que la pandemia añade al sistema sanitario. Toma valores siempre positivos, pero no tiene una cota superior, al contrario de lo que sucede con su versión acumulada. Valores bajos del $ISSd_d$ indican que ese determinado día d hay pocos pacientes que liberan recursos del sistema sanitario (atendidos diarios) con respecto a los nuevos casos detectados y, por tanto, el sistema sanitario ha recibido un alto estrés debido a la enfermedad de la pandemia. Valores altos del $ISSd_d$ se traducen en que, en un determinado día d , el número de nuevos casos detectados es menor que el número de atendidos ese mismo día (recuperados o fallecidos que ya no requieren atención sanitaria). Por lo tanto, valores altos del $ISSd_d$ se corresponden con bajos niveles de estrés diario añadido, pues el sistema ese día está más liberado. Un valor exactamente igual a 1 significa que, ese determinado día d , el número de pacientes que entran en el sistema sanitario es exactamente igual al número de pacientes que salen del sistema sanitario. En un estado avanzado de la pandemia, con su incidencia en la población controlada, se esperan valores cercanos a uno de manera sostenida. Además del Indicador de Suficiencia Sanitaria, en el

presente trabajo se calculan y estudian otras dos ratios. Para ello se emplean dos nuevas variables relacionadas con las infraestructuras y recursos físicos disponibles:

- *CapacidadCamas*: número de camas hospitalarias en cada Comunidad Autónoma de España, incluyendo camas UCI. Esta cantidad es fija en todos los días d .
- *CapacidadCamasUCI*: número de camas hospitalarias de UCI en cada Comunidad Autónoma de España. Esta cantidad es fija en todos los días d .

Se definen la Ratio de Cobertura Potencial (RCP) y la Ratio de Cobertura Potencial UCI (RCPu) como sigue:

- *RCP_d*: Ratio de Cobertura Potencial diario en la fecha d . Tiene en cuenta a los pacientes activos ese día y la capacidad de camas hospitalarias:

$$RCP_d = \text{Activos}_d / \text{CapacidadCamas} \quad (11)$$

- *RCPu_d*: Ratio de Cobertura Potencial UCI diario en la fecha d . Tiene en cuenta a los pacientes activos ese día y la capacidad de camas UCI hospitalarias:

$$RCPu_d = \text{Activos}_d / \text{CapacidadCamasUCI} \quad (12)$$

En el presente trabajo se calculan y estudian otros porcentajes calculados a partir de las variables derivadas:

- *%FallecimientosAcumulados_d*: Porcentaje de fallecimientos acumulados hasta el día d con respecto al número de casos confirmados acumulados hasta el día d :

$$\%FallecimientosAcumulados_d = \text{Fallecidos}_d / \text{Confirmados}_d \quad (13)$$

- *%RecuperadosAcumulados_d*: Porcentaje de recuperados acumulados hasta el día d con respecto al número de casos confirmados acumulados hasta el día d :

$$\%RecuperadosAcumulados_d = \text{Recuperados}_d / \text{Confirmados}_d \quad (14)$$

- *%FallecimientosDiarios_d*: Porcentaje de fallecimientos diarios en el día d con respecto al número de casos activos el día d :

$$\begin{aligned} \%FallecimientosAcumulados_d &= \text{FallecidosDiarios}_d / (\text{PreActivosDiarios}_d + \text{NuevosCasos}_d) \\ &= \text{FallecidosDiarios}_d / (\text{Confirmados}_d - \text{Atendidos}_d - 1) \quad (15) \end{aligned}$$

- $\%RecuperadosDiarios_d$: Porcentaje de recuperados diarios en el día d con respecto al número de casos activos el día d :

$$\begin{aligned} \%RecuperadosDiarios &= \text{RecuperadosDiarios}_d / (\text{PreActivosDiarios}_d + \text{NuevosCasos}_d) \\ &= \text{RecuperadosDiarios}_d / (\text{Confirmados}_d - \text{Atendidos}_{d-1}) \quad (16) \end{aligned}$$

- $\%NuevosCasos_d$: Porcentaje de nuevos casos confirmados de la enfermedad en el día d con respecto al número de diagnosticados activos el día d :

$$\begin{aligned} \%NuevosCasos &= \text{NuevosCasos}_d / (\text{PreActivosDiarios}_d + \text{NuevosCasos}_d) \\ &= \text{NuevosCasos}_d / (\text{Confirmados}_d - \text{Atendidos}_{d-1}) \quad (17) \end{aligned}$$

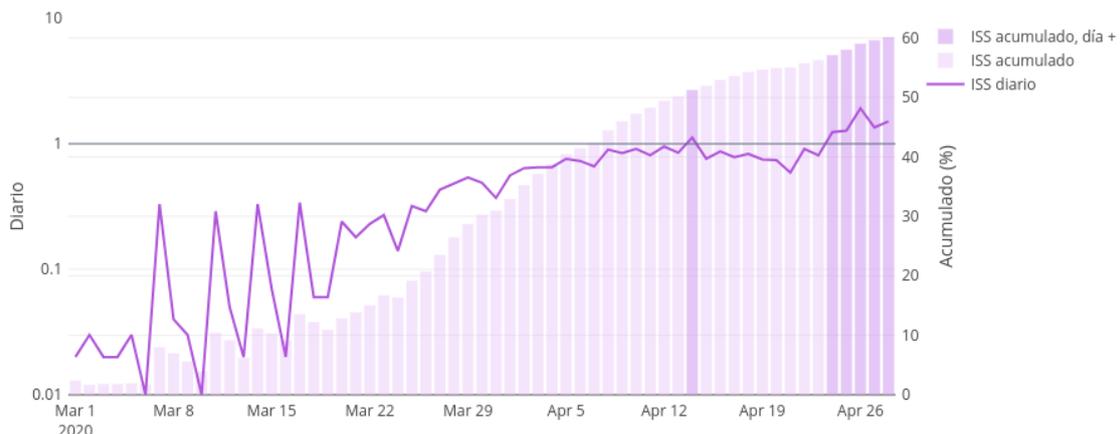
3. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos cuando los indicadores descritos en el apartado anterior fueron calculados para España, sus Comunidades Autónomas y los países más afectados por la pandemia, el día 28 de abril de 2020. En todos los casos se reflejan los indicadores acompañados de su correspondiente versión suavizada. Debemos entender como indicador suavizado el que se ha obtenido realizando una media móvil de 3 días, es decir, el valor suavizado de un día se calcula a partir de la media de los 3 últimos días. El fin último de los indicadores suavizados es reducir el efecto de los picos extremos propios de la pandemia (por ejemplo, la detección de un foco en una residencia de mayores) y obtener así una visión global de las tendencias.

3.1. España

El Gráfico 1 muestra los indicadores acumulados e indicadores diarios para España a nivel global a fecha 28 de abril de 2020. Puede observarse cómo el ISSd presenta una tendencia sostenida por encima de 1 los últimos 5 días. Esto es, se refleja un sistema sanitario con limitaciones iniciales para gestionar el flujo de casos diagnosticados. A partir del día en que el ISS diario es mayor que 1 de manera sostenida, el sistema sanitario comienza a liberar recursos diariamente, es decir, comienza a disminuir su saturación. El ISSa presenta un valor por encima del 60%.

Gráfico 1. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado (ISSa) y diario (ISSd)



3.1.1. Comunidades Autónomas

La Tabla 1 muestra los valores de ISSa e ISSd para las Comunidades Autónomas españolas a fecha 28 de abril de 2020.

Tabla 1. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado (ISSa) y diario (ISSd) por Comunidades Autónomas

Comunidad Autónoma	ISSa (%)	ISSd	Nuevos casos	Fallecimientos	Recuperados
Andalucía	49.68	2.62	61	11	149
Aragón	52.27	4.21	19	9	71
Canarias	55.28	3.33	9	2	28
Cantabria	63.52	4.64	11	2	49
Castilla y León	43.41	0.38	185	20	51
Castilla-La Mancha	42.47	1.31	42	31	24
Cataluña	62.14	1.32	403	109	422
Ciudad Autónoma de Ceuta	97.46	4.00	0	0	3
Ciudad Autónoma de Melilla	82.46	1.25	4	0	5
Comunidad de Madrid	71.47	0.93	363	62	276
Comunidad Foral de Navarra	46.56	2.31	26	0	60
Comunidad Valenciana	68.20	4.88	24	11	106
Extremadura	65.72	43.00	2	5	81
Galicia	24.15	0.36	90	7	25
Islas Baleares	70.01	2.91	11	2	30
La Rioja	52.57	4.20	5	6	15
País Vasco	79.02	2.90	51	14	134
Principado de Asturias	42.16	29.00	1	8	21
Región de Murcia	71.60	125	1	2	123
España	60.15	1.51	1308	301	1673

De igual modo, desagregando por Comunidades Autónomas, los gráficos 2 y 3 muestran que el día 28 de abril de 2020 solamente había tres comunidades que no tenían un ISSd superior a 1: la Comunidad de Madrid, Galicia y Castilla y León. Prácticamente todas las comunidades presentan una tendencia creciente en el ISSa. Se aprecia que varias comunidades presentan una tendencia creciente en el ISSa. Destacan las ciudades autónomas, Ceuta y Melilla, y el País Vasco con valores superiores al 75%. Los siguientes gráficos representan la evolución del ISS acumulado y diario en las Comunidades Autónomas españolas.

Gráfico 2. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado por Comunidades Autónomas

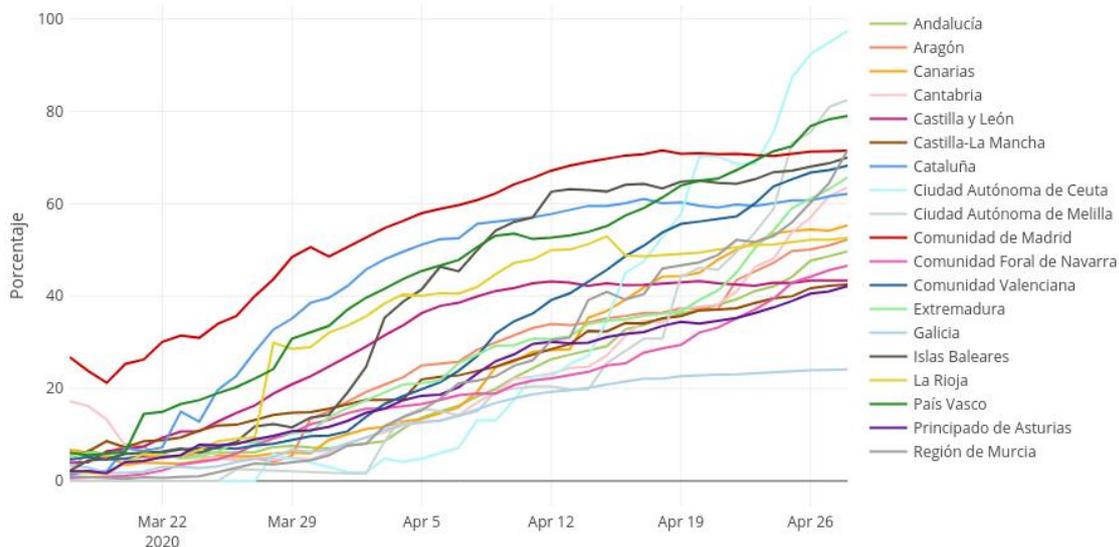
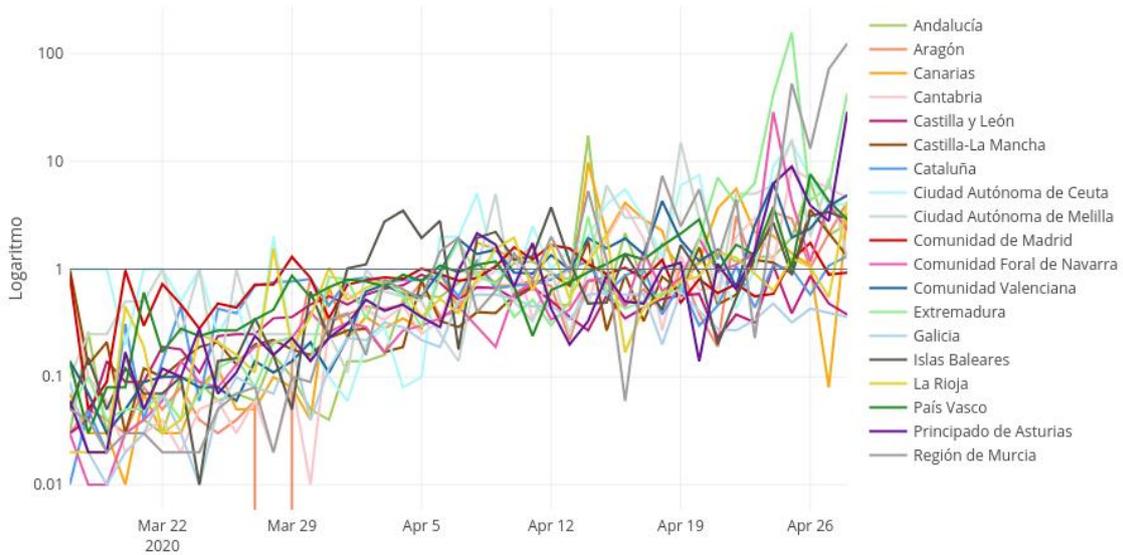


Gráfico 3. Indicador de Suficiencia Sanitaria diaria por Comunidades Autónomas



3.1.2. Indicadores acumulados

El ISS acumulado se sitúa en valores medio-altos con una tendencia al alza constante y sostenida. El día 28 de abril de 2020 el ISS acumulado superó por primera vez el 60%.

Gráfico 4. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado y porcentajes acumulados de atendidos en España

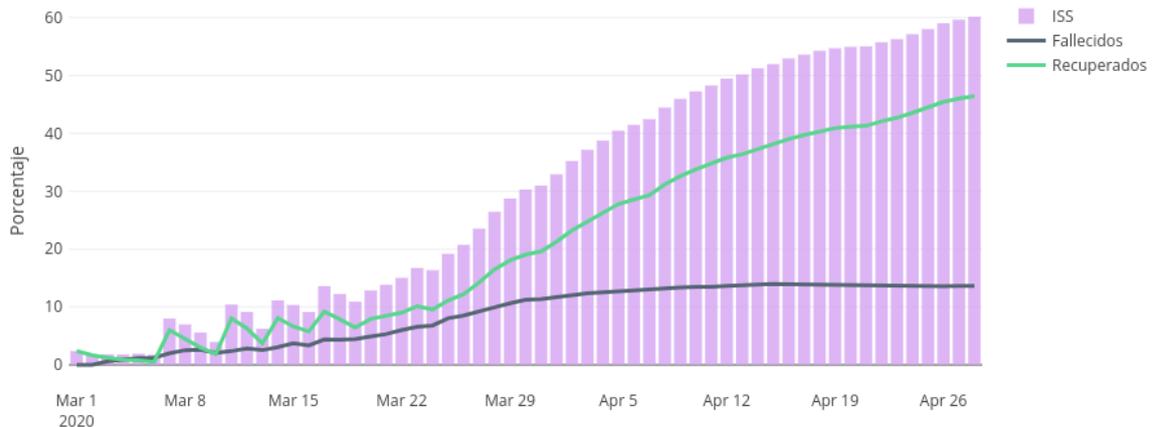
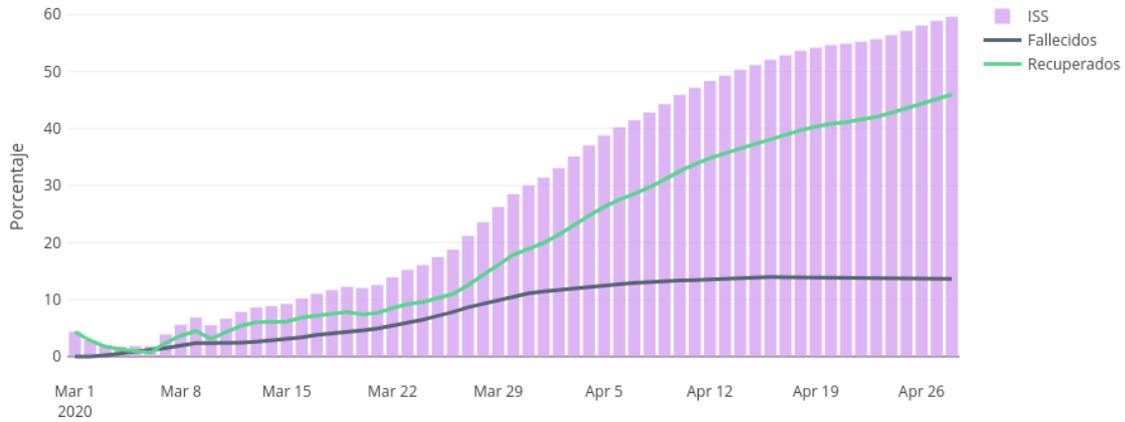


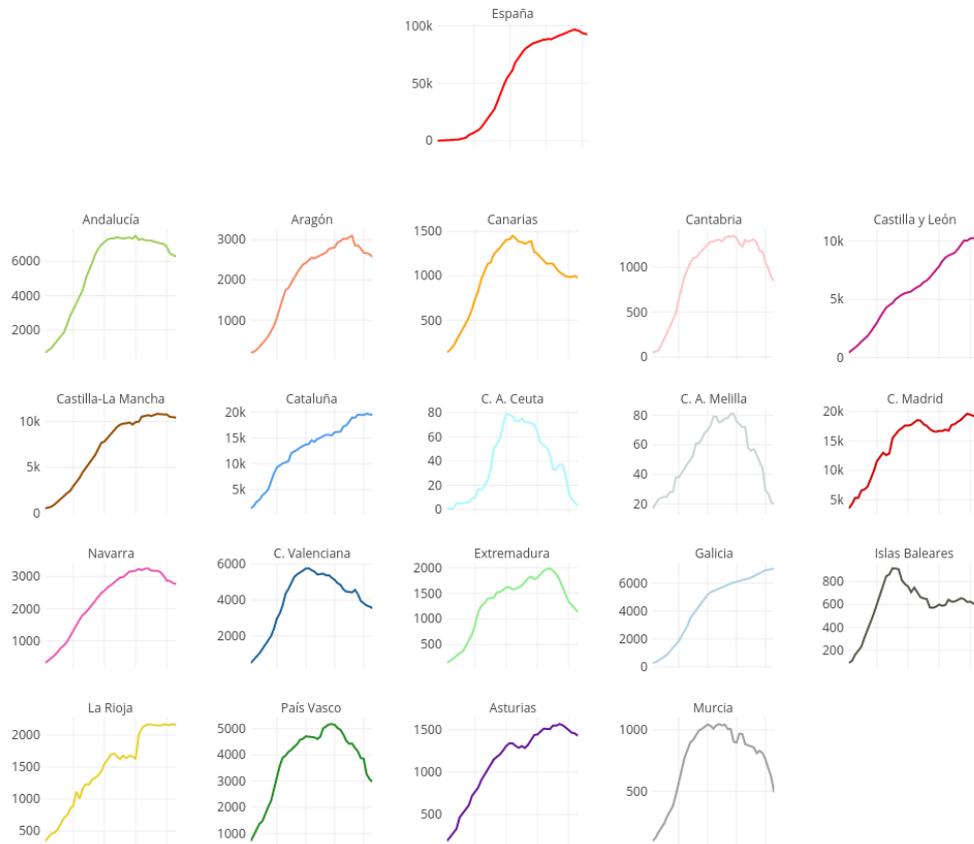
Gráfico 5. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado y porcentajes acumulados suavizados de atendidos en España



3.1.3. Análisis de la saturación sanitaria

El siguiente gráfico muestra los diagnosticados que permanecen activos cada día en España y en las Comunidades Autónomas hasta el 28 de abril de 2020. Se considera que la pandemia ha superado su pico máximo cuando el número de diagnosticados activos cada día comienza a descender de manera continuada.

Gráfico 6. Diagnosticados activos diarios en España y en las Comunidades Autónomas



3.1.4. Ratios de Cobertura Potencial

La Tabla siguiente muestra los valores del RCP y del RCPu para las Comunidades Autónomas españolas.

Tabla 2. Ratio de Cobertura Potencial (RCP) y Ratio de Cobertura Potencial UCI (RCPu) para las CCAA

Comunidad Autónoma	RCP	RCPu	Camas	Camas UCI
Andalucía	0.29	5.24	21349	1200
Aragón	0.49	8.60	5254	300
Canarias	0.13	2.40	7551	407
Cantabria	0.42	9.99	2020	85
Castilla y León	1.11	19.55	9414	535
Castilla-La Mancha	1.87	29.81	5589	350
Cataluña	0.56	11.30	34612	1722
Ciudad Autónoma de Ceuta	0.01	0.25	252	12
Ciudad Autónoma de Melilla	0.12	2.86	168	7
Comunidad de Madrid	0.94	11.02	20516	1750
Comunidad Foral de Navarra	1.20	17.73	2300	156
Comunidad Valenciana	0.25	4.61	13992	771
Extremadura	0.29	6.73	3862	168
Galicia	0.78	25.82	9089	274
Islas Baleares	0.15	3.34	3851	173
La Rioja	2.05	47.91	1050	45
País Vasco	0.37	5.42	8009	550
Principado de Asturias	0.38	9.52	3785	150
Región de Murcia	0.10	1.41	4909	350
España	0.59	10.27	157572	9005

Los siguientes gráficos muestran la evolución del RCP y del RCPu en las comunidades autónomas españolas con valores más elevados en el día 28 de abril de 2020.

Gráfico 7. Ratio de Cobertura Potencial para las comunidades autónomas.

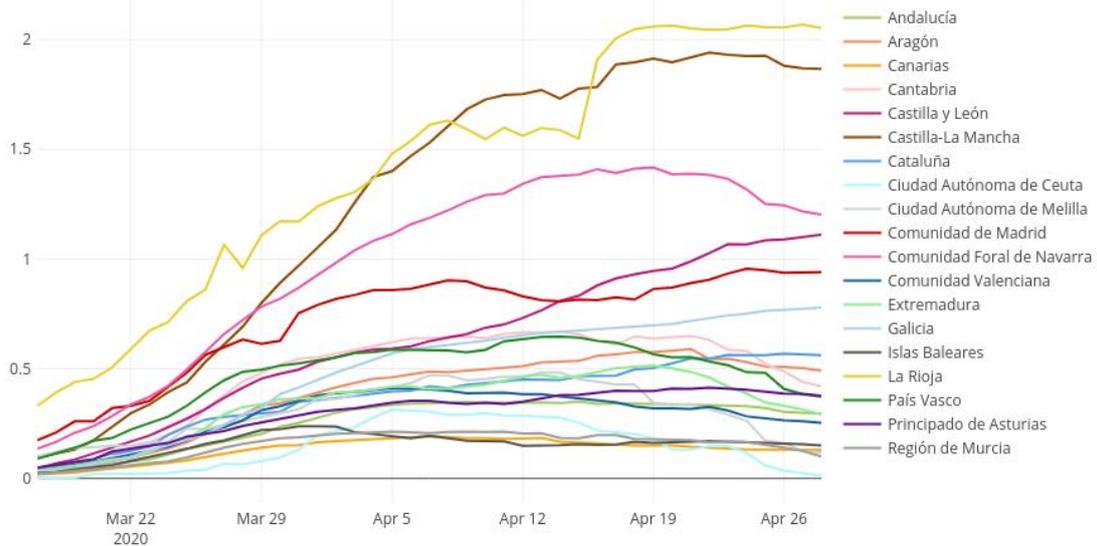
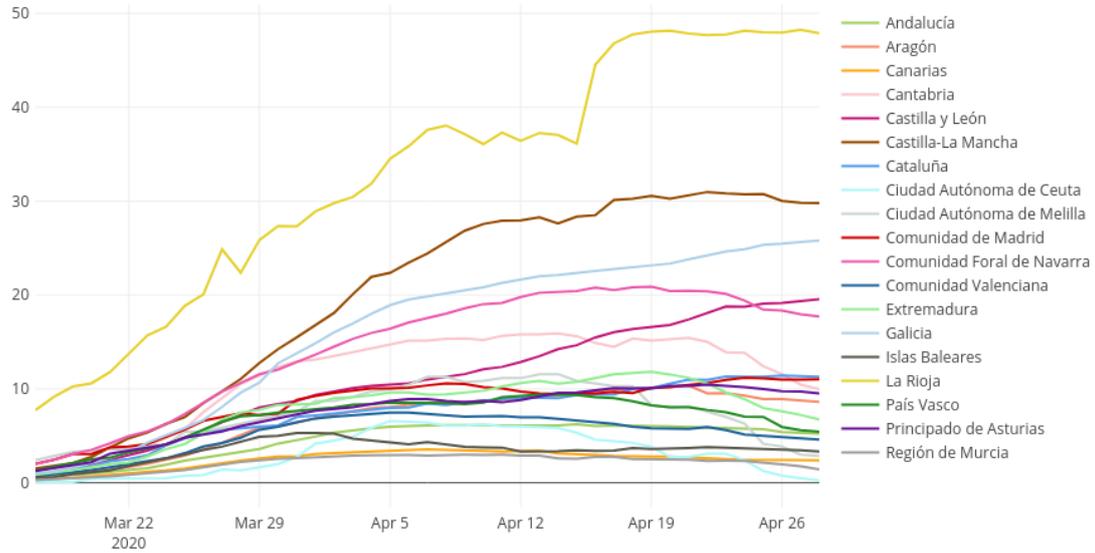


Gráfico 8. Ratio de Cobertura Potencial UCI para las comunidades autónomas.

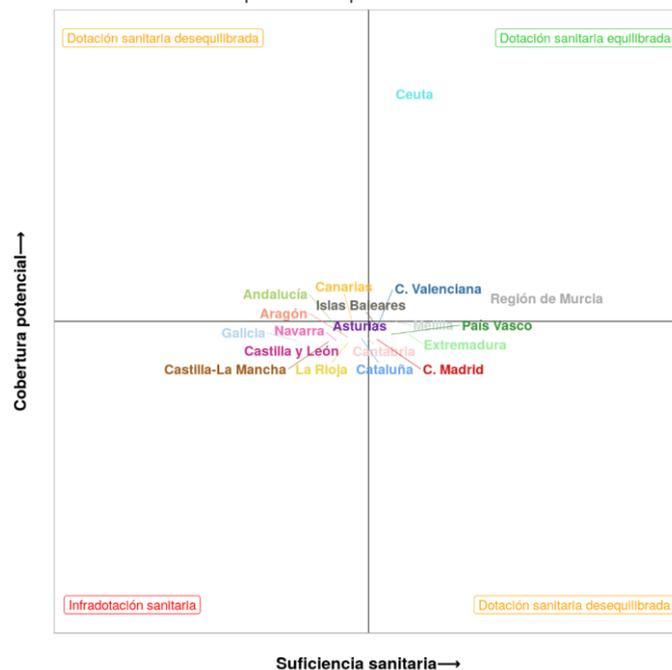


3.1.5. Suficiencia Sanitaria vs Cobertura Potencial

El siguiente gráfico enfrenta la suficiencia sanitaria y la cobertura potencial de las Comunidades Autónomas, calculadas a través de una combinación de sus respectivos indicadores y ratios (ISSa, ISSd, RCP, RCPu). El gráfico se divide en cuatro cuadrantes correspondientes a las siguientes categorías:

- *Dotación sanitaria equilibrada*: Alta suficiencia sanitaria y alta cobertura potencial. Este es el escenario deseable.
- *Dotación sanitaria desequilibrada*: O bien se tiene alta suficiencia sanitaria con poca cobertura, o baja suficiencia con alta cobertura.
- *Infradotación*: Baja suficiencia sanitaria y baja cobertura potencial. Este es el escenario más desfavorable.

Gráfico 9. Suficiencia Sanitaria vs. Cobertura potencial para todas las comunidades autónomas



3.2. Comparación entre países

Los gráficos de este apartado representan la evolución de los porcentajes en cada país desde su correspondiente día 0. Se considera día 0 aquel en el que el país supera los 100 infectados. Nótese que los casos de Estados Unidos e Irán son difícilmente interpretables en la presente comparación ya que parecen responder a una metodología muy específica en la obtención de los datos y muy diferente a la seguida por el resto de los países. No obstante, serán considerados en el estudio por pertenecer al grupo de los países con más casos reportados.

3.2.1. Porcentajes acumulados de diagnosticados fallecidos

El porcentaje acumulado de diagnosticados fallecidos en España sigue una senda decreciente. Francia presenta una tendencia claramente creciente. Corea del Sur, Alemania y Estados Unidos presentan tendencias crecientes suaves. En contraposición, la tendencia de China es muy estable.

Gráfico 10. Porcentaje acumulado de diagnosticados fallecidos

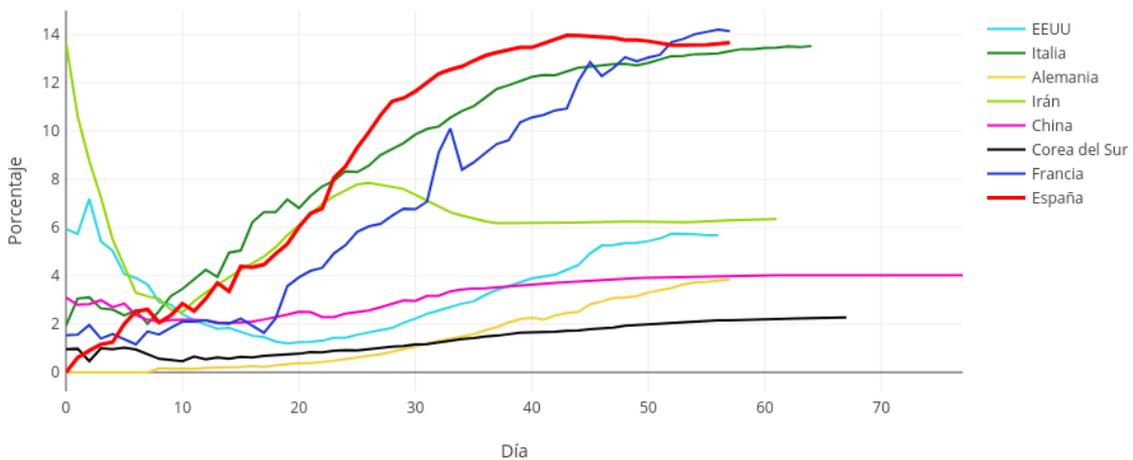
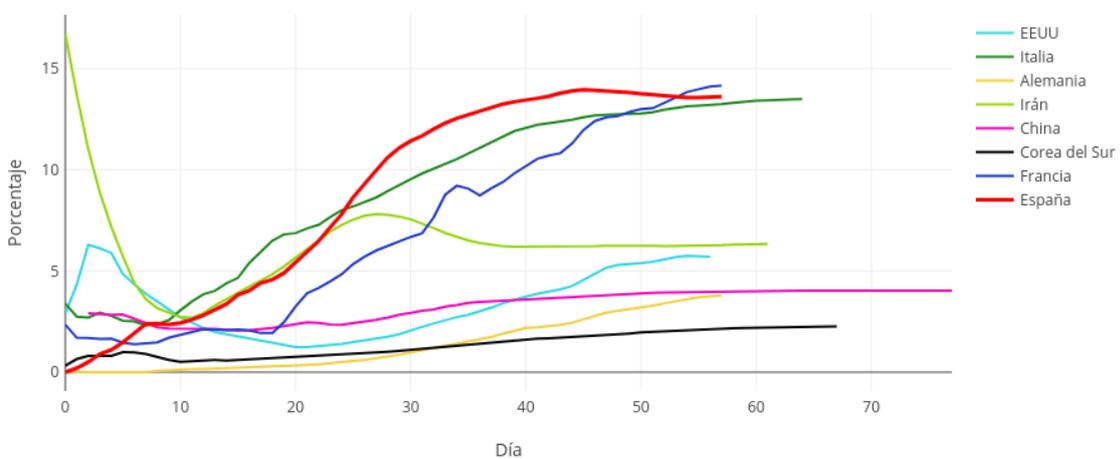


Gráfico 11. Porcentaje acumulado suavizado de diagnosticados fallecidos



3.2.2. Indicadores acumulados de recuperados

Una tendencia creciente en los siguientes gráficos implica que el país en cuestión está dando una respuesta adecuada a la pandemia puesto que la mayor parte de los pacientes diagnosticados, tras su paso por el sistema de salud y el resto de las medidas tomadas por cada gobierno, se están recuperando. Es el caso, especialmente, de China y Corea del Sur. Por su lado, el periodo entre los días 20 y 30 de la pandemia en España empieza a mostrar una tendencia creciente similar a la que China presentó en esa misma franja. En los días posteriores la tendencia creciente se suaviza, presentando comportamiento similar al de Italia y Corea del Sur.

Gráfico 12. Porcentaje acumulado de diagnosticados recuperados

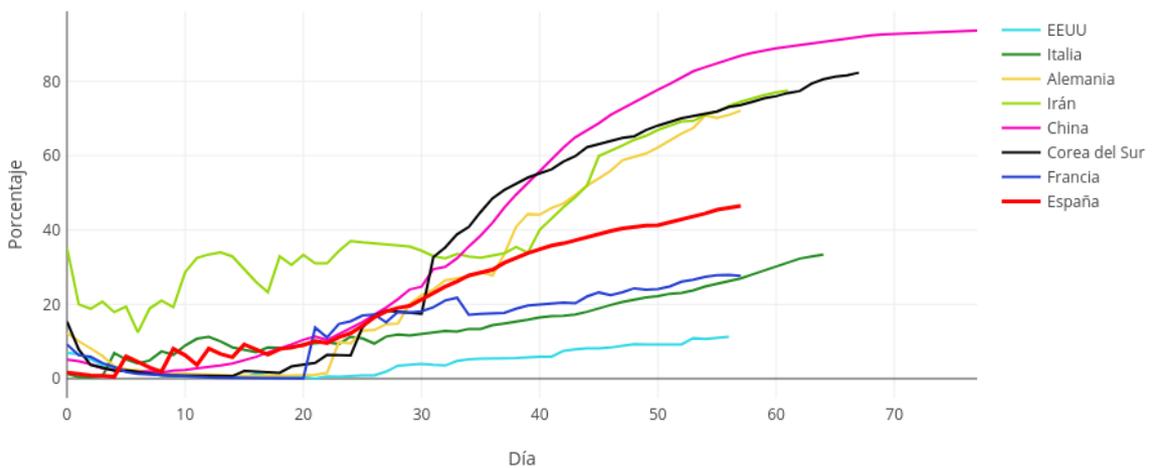
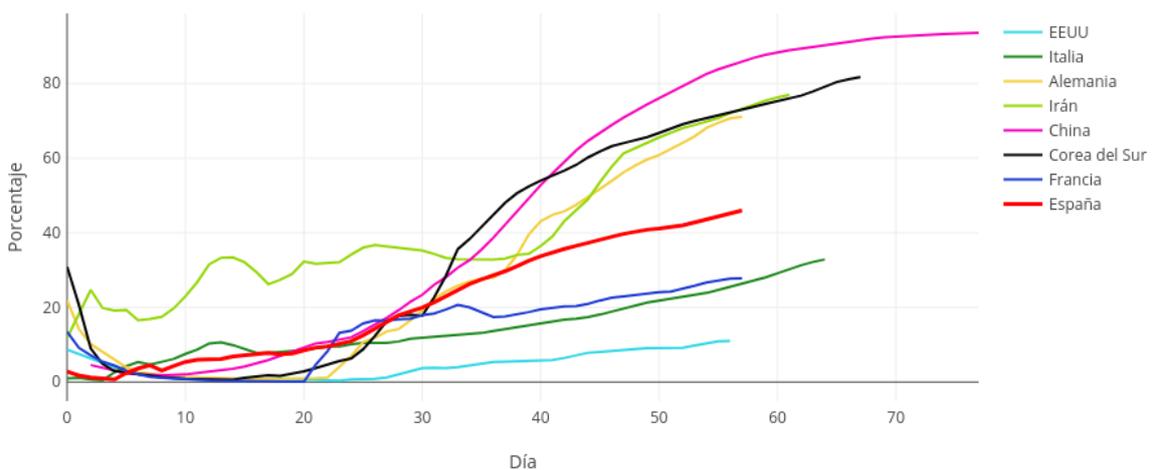


Gráfico 13. Porcentaje suavizado de diagnosticados recuperados



3.2.3. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado

Los siguientes gráficos representan la evolución del ISSa. China se sitúa cerca del 100% lo que significa que su sistema sanitario ya es capaz de dar respuesta al conjunto de necesidades derivadas de los diagnósticos activos acumulados sin incurrir en sobresaturación. Con excepción de Estados Unidos, el resto de los países muestra una tendencia positiva en relación con la evolución del ISS, aunque con niveles aún muy alejados de los del país asiático. Aunque sus sistemas sanitarios estén claramente estresados, la tendencia indica mejoras. En China transcurrieron 56 días desde el momento temporal en el que se acumularon los 100 primeros casos diagnosticados hasta que su ISS acumulado superó el 90%.

Gráfico 14. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado

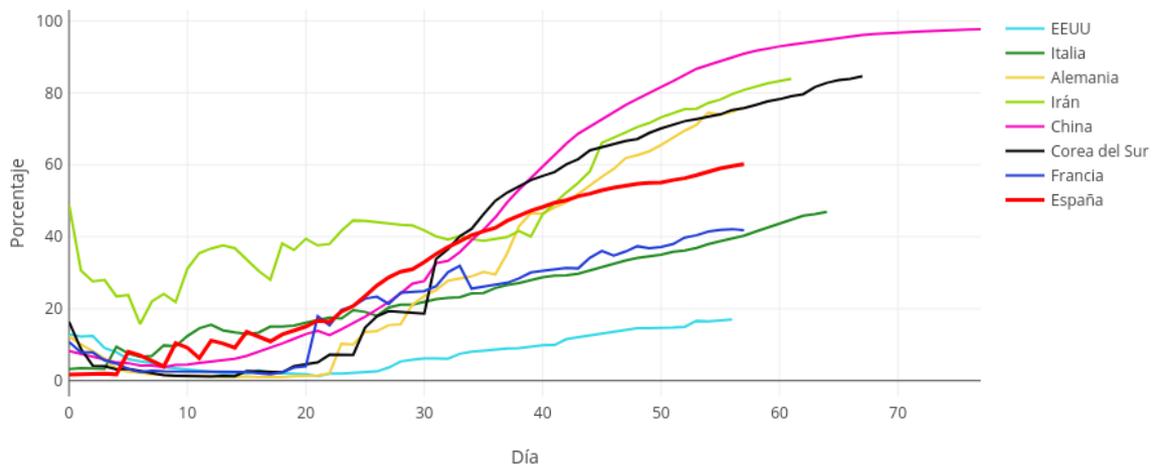
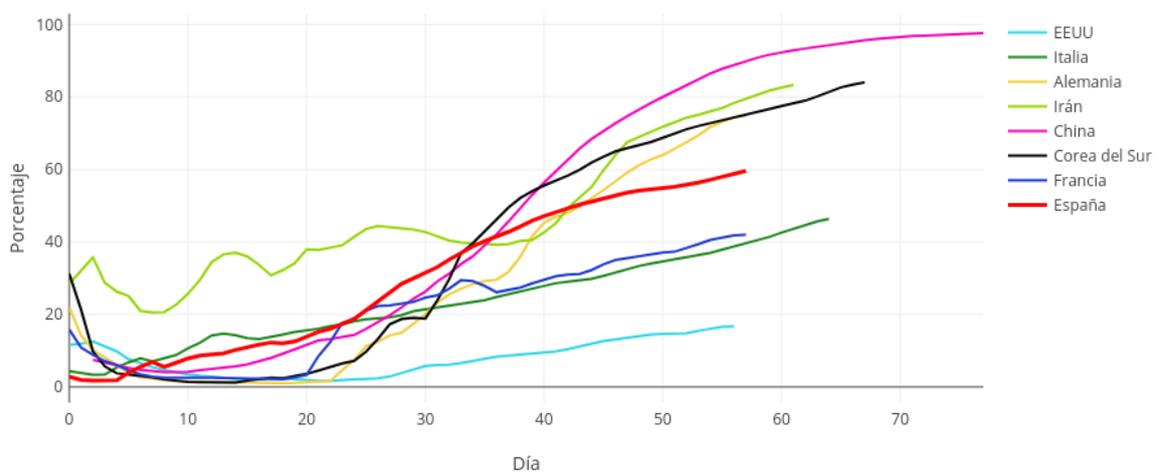


Gráfico 15. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado suavizado



3.2.4. Ratios diarias de fallecidos por nuevos diagnosticados

La ratio diaria de fallecidos por nuevos diagnosticados tiende a ser menor que 1 y cercana a 0.

Gráfico 16. Ratio diaria de fallecidos por nuevos diagnosticados

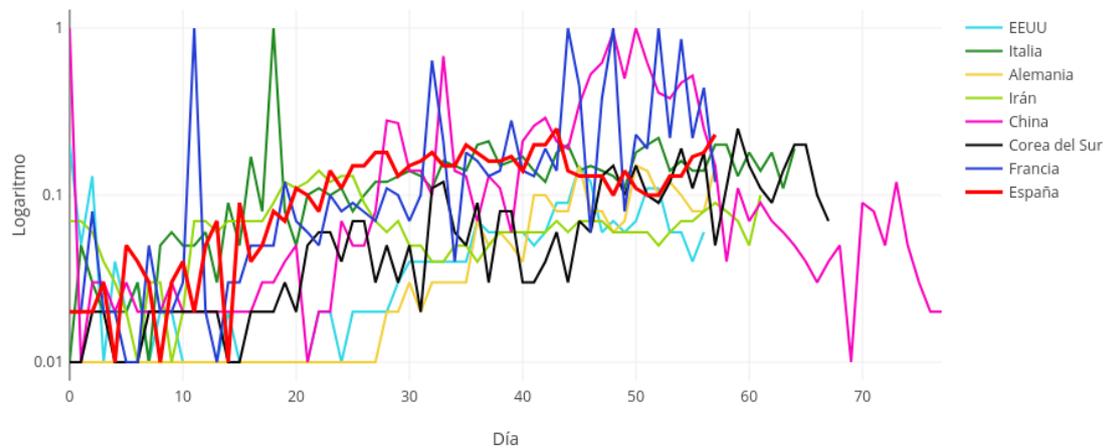
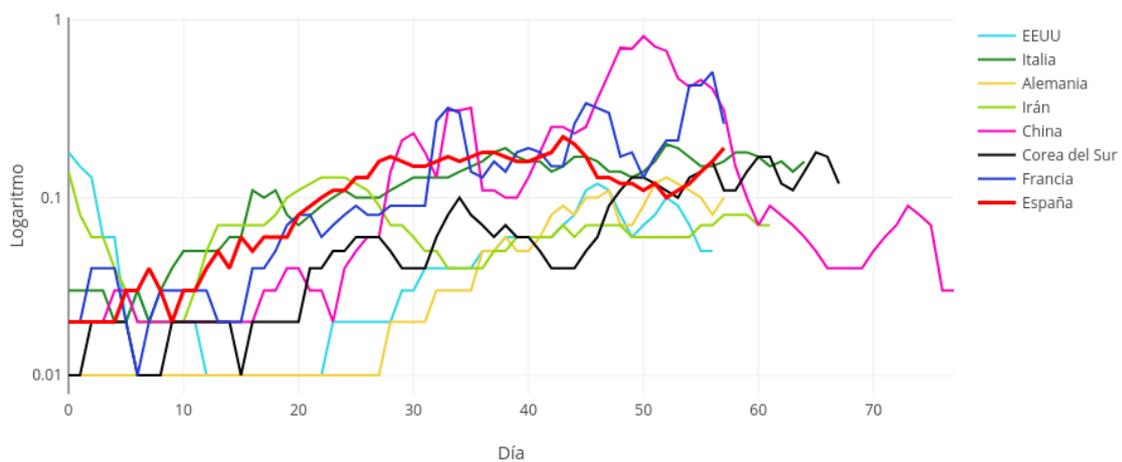


Gráfico 17. Ratio diaria suavizada de fallecidos por nuevos diagnosticados suavizado



3.2.5. Ratios diarias de recuperados por nuevos diagnosticados

Cuando el valor de la ratio diaria de recuperados por nuevos diagnosticados es mayor que 1, ese día desciende el número de casos activos.

Gráfico 18. Ratio diaria de recuperados por nuevos diagnosticados

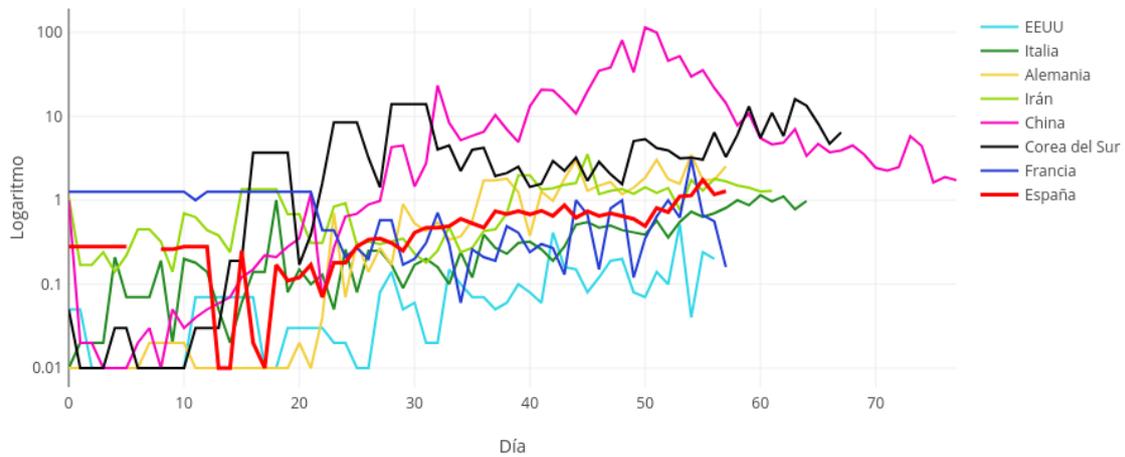
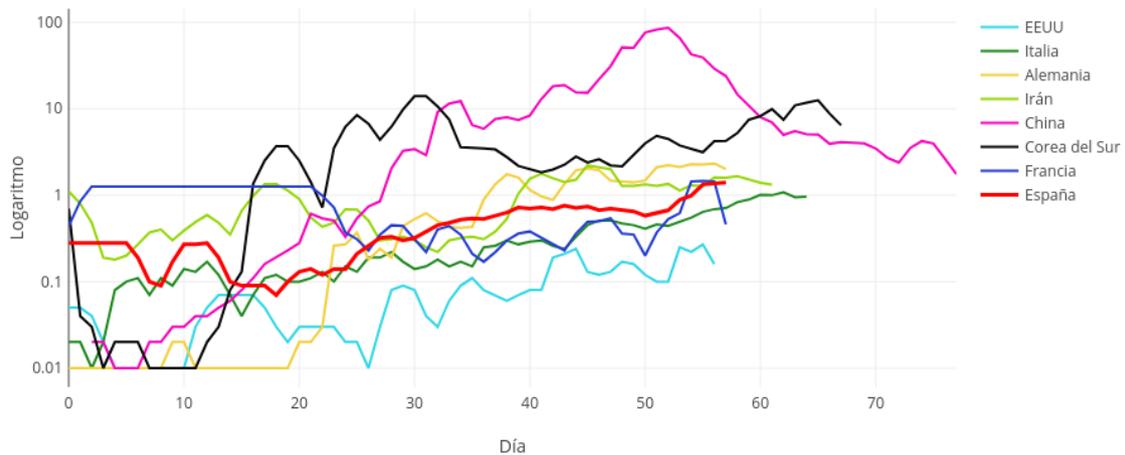


Gráfico 19. Ratio diaria suavizada de recuperados por nuevos diagnosticados



3.2.6. Indicadores de Suficiencia Sanitaria diarios

Los siguientes gráficos presentan el Indicador de Suficiencia Sanitaria diario. Valores negativos indican un sistema que debe destinar ese día más recursos a la pandemia. Un valor igual a 1 representa el equilibrio diario para el sistema sanitario. A partir del día en que el indicador es positivo, el sistema sanitario comienza a liberar recursos diariamente, es decir, comienza a disminuir su saturación. En particular, destacan China, por tomar valores superiores a 1 desde el día 27 de la pandemia, y Corea del Sur por tomarlos desde el día 31 de la pandemia. En contraposición, Italia tardó 57 días en alcanzar un valor por encima de 1.

Gráfico 20. Indicador de Suficiencia Sanitaria diario

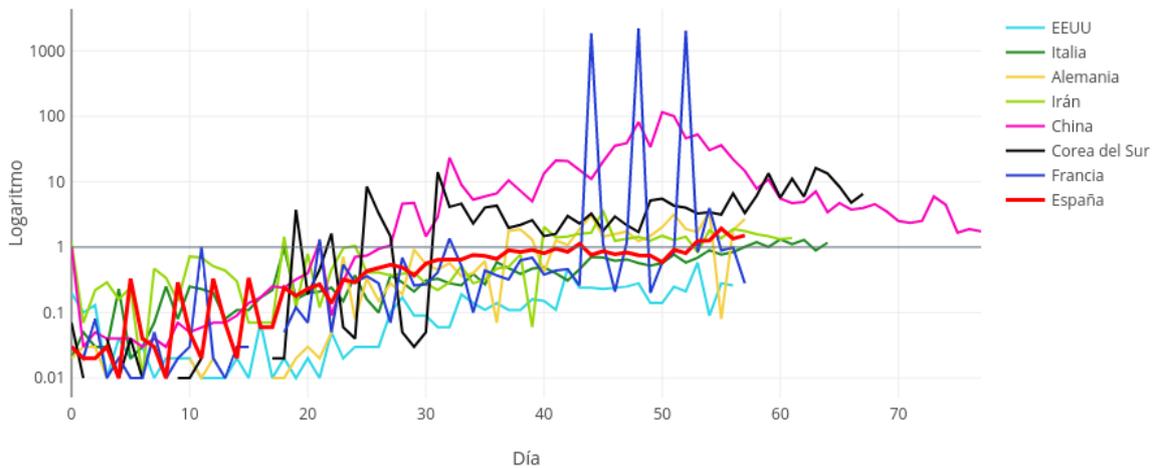
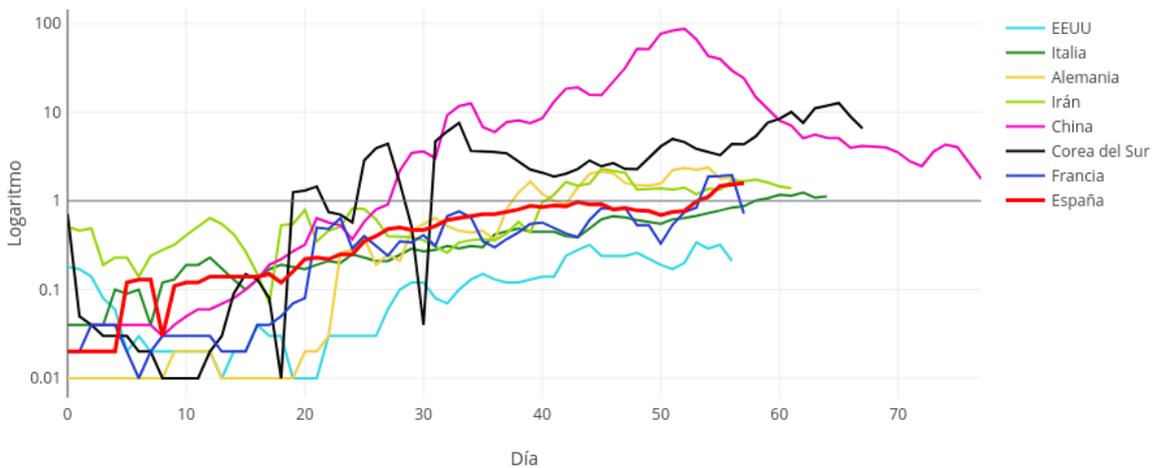


Gráfico 21. Indicador de Suficiencia Sanitaria diario suavizado



3.2.7. Porcentajes diarios de nuevos casos activos

Las tasas de decrecimiento de los porcentajes diarios de nuevos diagnosticados son similares en todos los países europeos. Sobresalen Corea del Sur y China con los porcentajes más bajos e Italia por ser el país que más se aproxima a estos dos países.

Gráfico 22. Porcentaje diario de nuevos casos activos

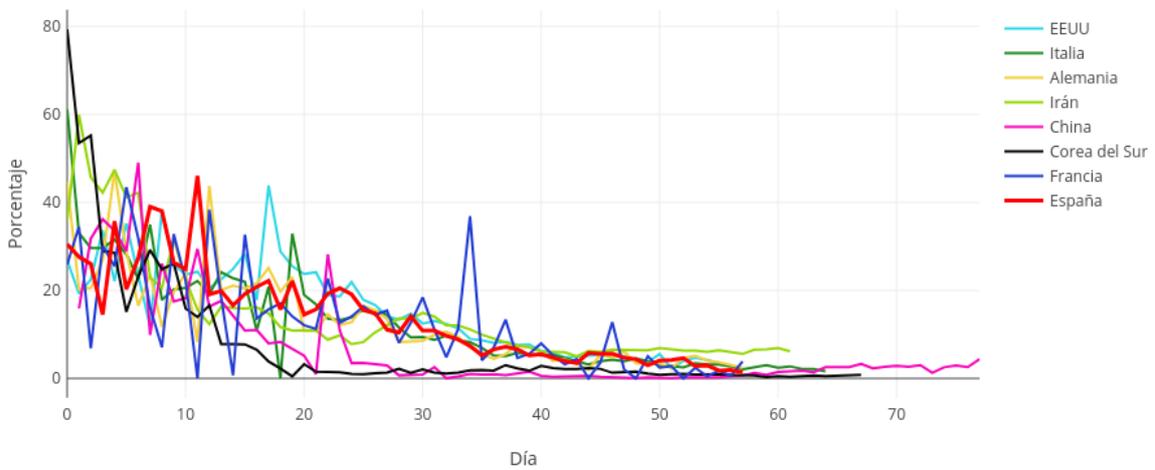
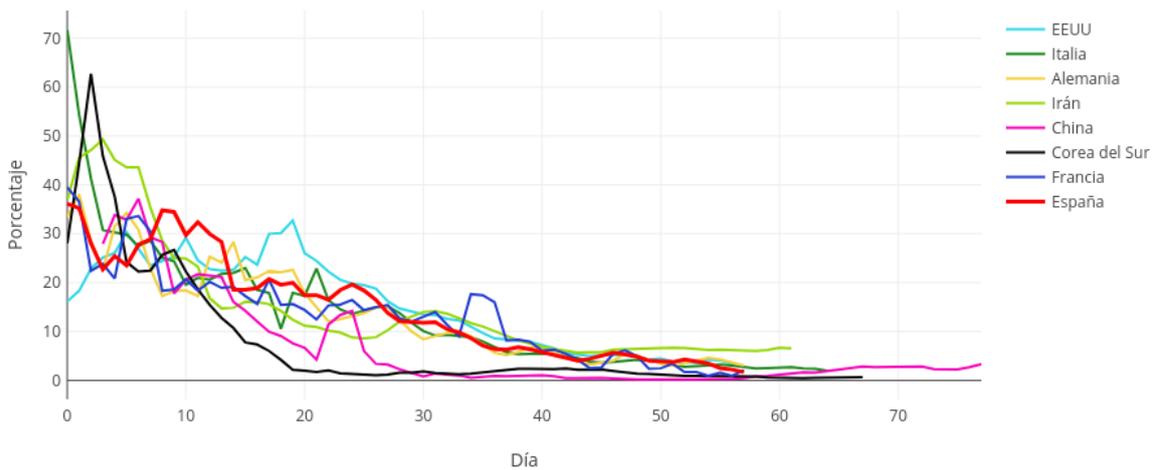


Gráfico 23. Porcentaje diario suavizado de nuevos casos activos



3.3. Comparativa de España frente a Europa

En los siguientes apartados se enfrenta la evolución que presenta España respecto al resto de países europeos.

3.3.1. Porcentajes acumulados de diagnosticados fallecidos

Tal y como se aprecia en los gráficos siguientes España presenta un crecimiento mayor en el porcentaje de fallecidos respecto al total de activos diagnosticados que la media europea.

Gráfico 24. Porcentaje acumulado de fallecidos en España y en el resto de Europa

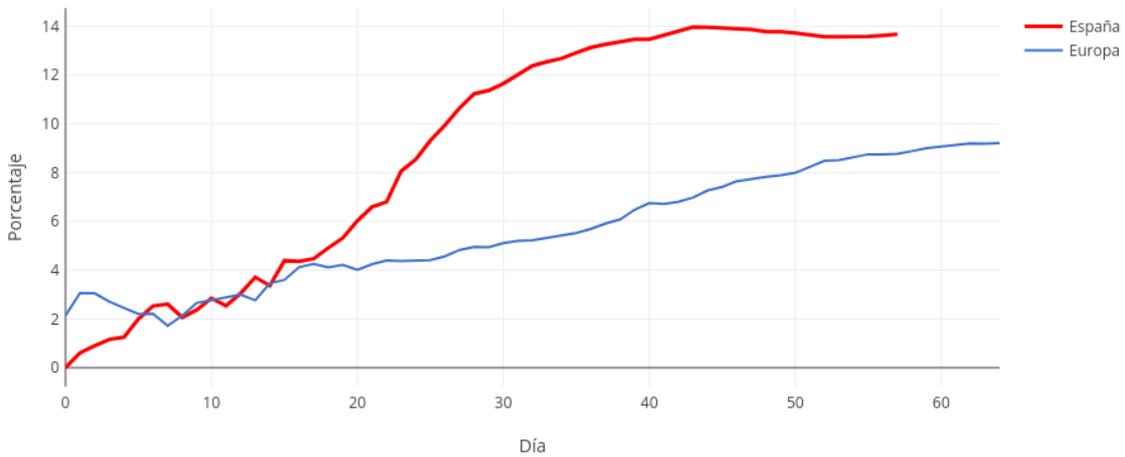
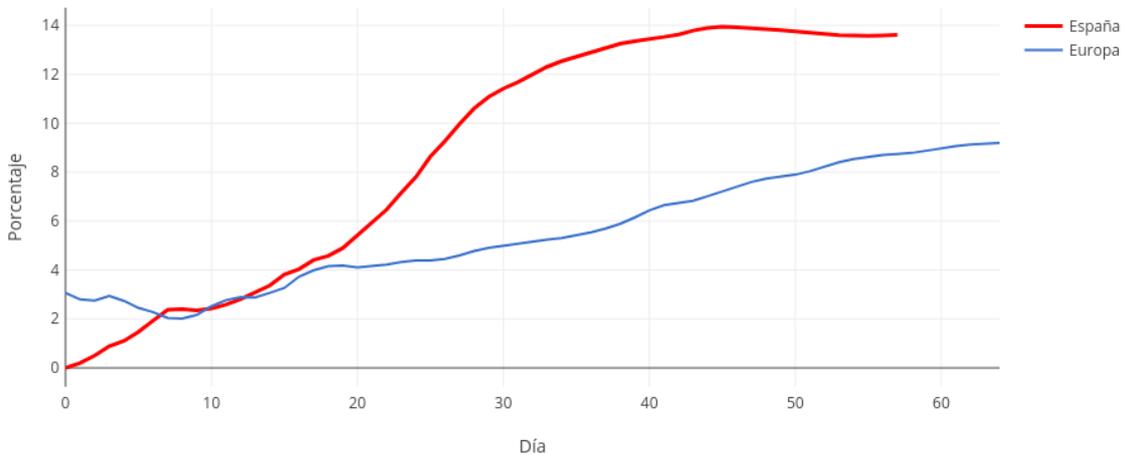


Gráfico 25. Porcentaje acumulado suavizado de fallecidos en España y en el resto de Europa



3.3.2. Porcentajes acumulados de diagnosticados recuperados

A la vez, la tendencia de recuperación acumulada en España está siendo más intensa que la media del resto de Europa.

Gráfico 26. Porcentaje acumulado de recuperados en España y en el resto de Europa

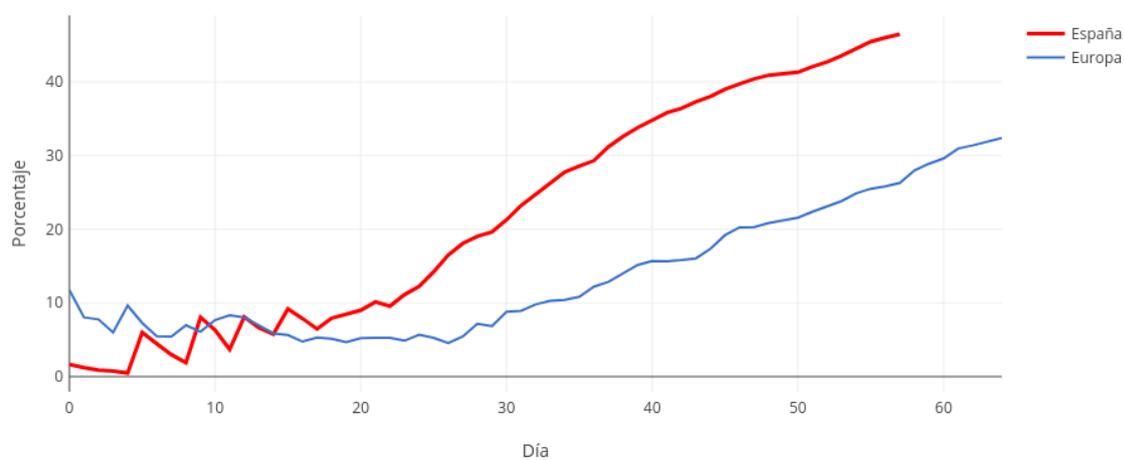
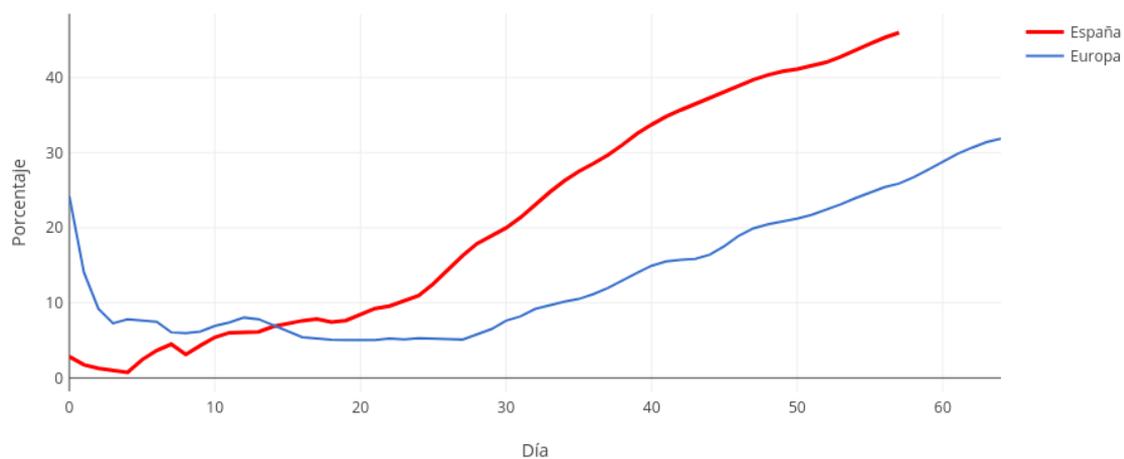


Gráfico 27. Porcentaje acumulado suavizado de recuperados en España y en el resto de Europa



3.3.3. Indicadores de Suficiencia Sanitaria acumulados

El ISS español acumulado presenta valores que sitúan el Sistema Nacional de Salud español por encima de la media europea desde mediados del mes de marzo.

Gráfico 28. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado en España y en el resto de Europa

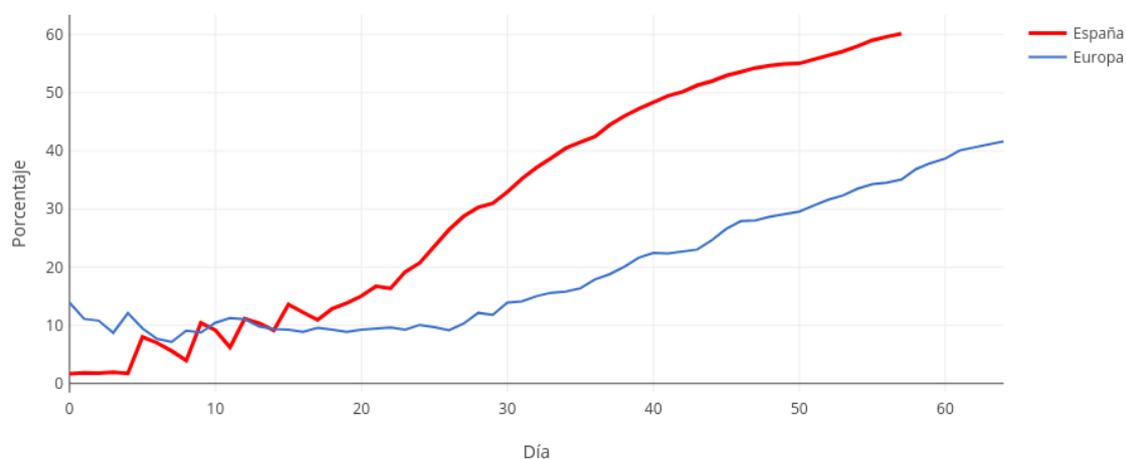
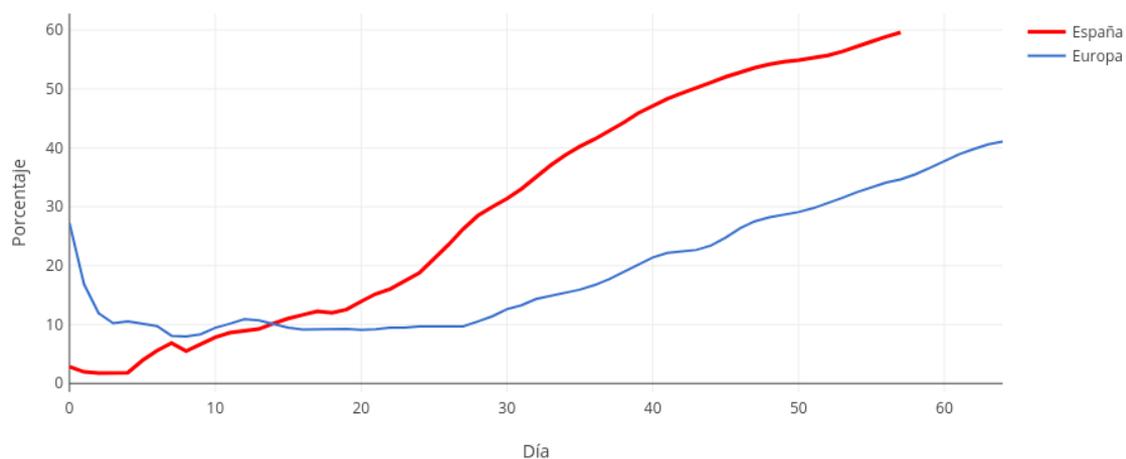


Gráfico 29. Indicador de Suficiencia Sanitaria acumulado suavizado en España y en el resto de Europa



3.3.4. Ratios diarias de fallecidos por nuevos diagnosticados

En relación con los indicadores diarios de letalidad respecto al total de población activa diagnosticada, España presenta una tendencia decreciente en los últimos días, llegando a igualarse a la tendencia europea en algún momento. A nuestro juicio debería estabilizarse tal y como ha ocurrido en el resto de Europa.

Gráfico 30. Ratio diaria de fallecidos por nuevos diagnosticados en España y en el resto de Europa

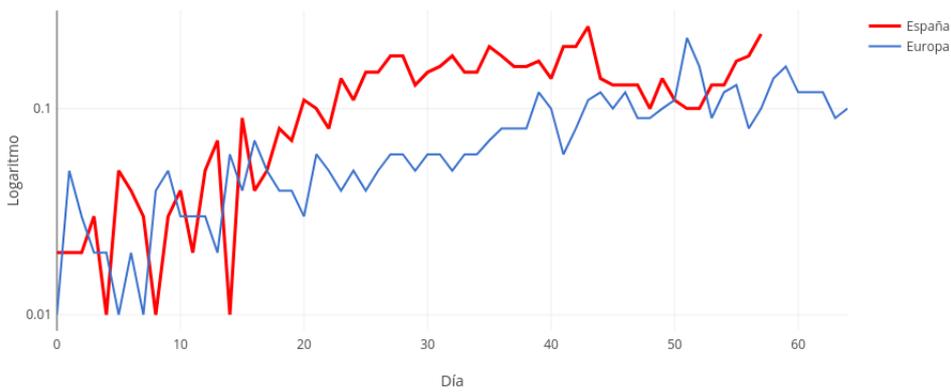
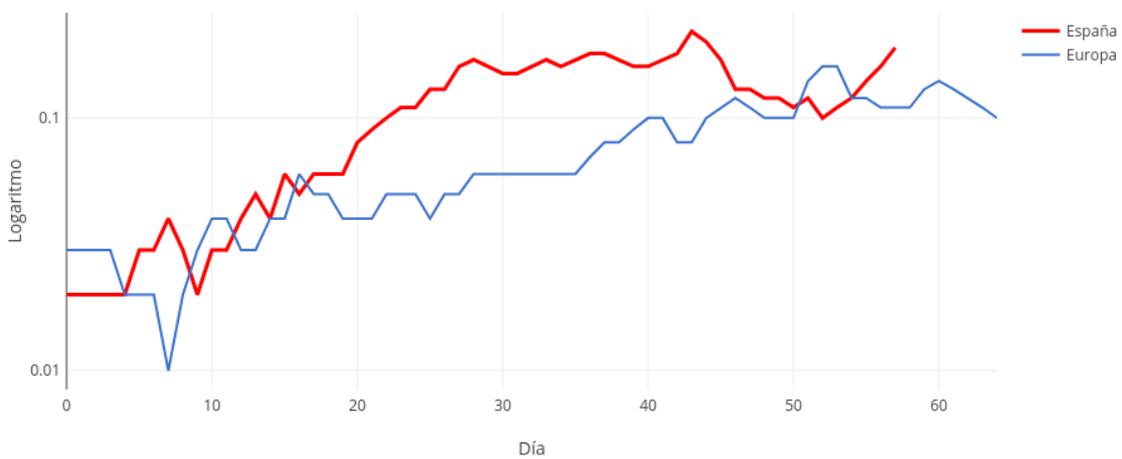


Gráfico 31. Ratio diaria suavizada de fallecidos por nuevos diagnosticados en España y en el resto de Europa



3.3.5. Ratios diarias de recuperados por nuevos diagnosticados

El indicador diario de recuperados respecto al total de población activa diagnosticada refleja que España acumula más de dos semanas por encima de la media europea, tal y como refleja el porcentaje suavizado.

Gráfico 32. Porcentaje diario de recuperados por activos en España y en el resto de Europa

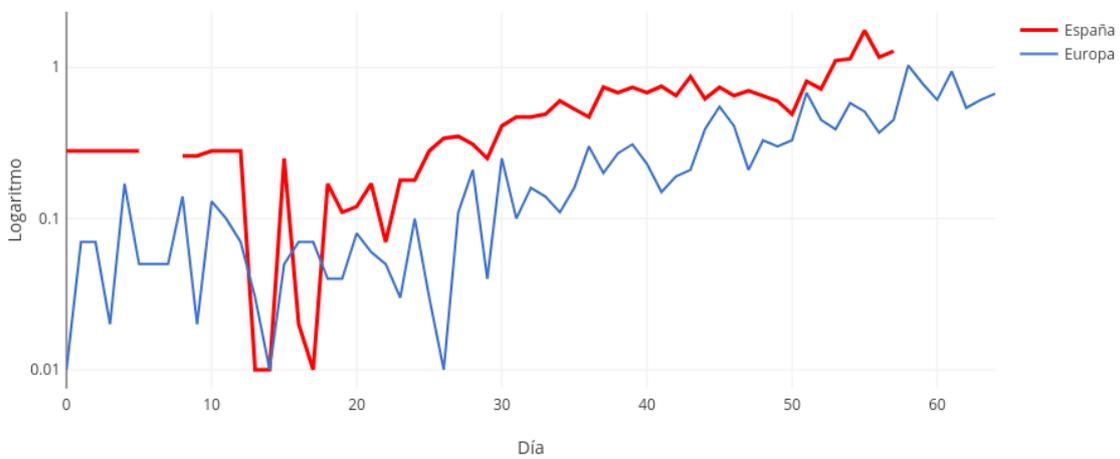
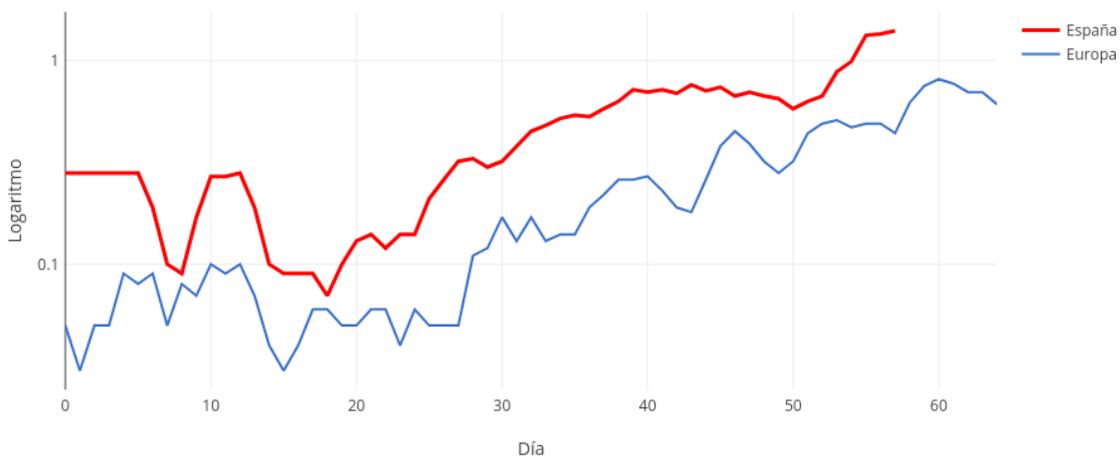


Gráfico 33. Porcentaje diario suavizado de recuperados por activos en España y en el resto de Europa



3.3.6. Indicadores de Suficiencia Sanitaria diarios

El ISSd español acumula más de 44 días por encima de la media europea como se puede observar en el gráfico suavizado.

Gráfico 34. Indicador de Suficiencia Sanitaria diario en España y en el resto de Europa

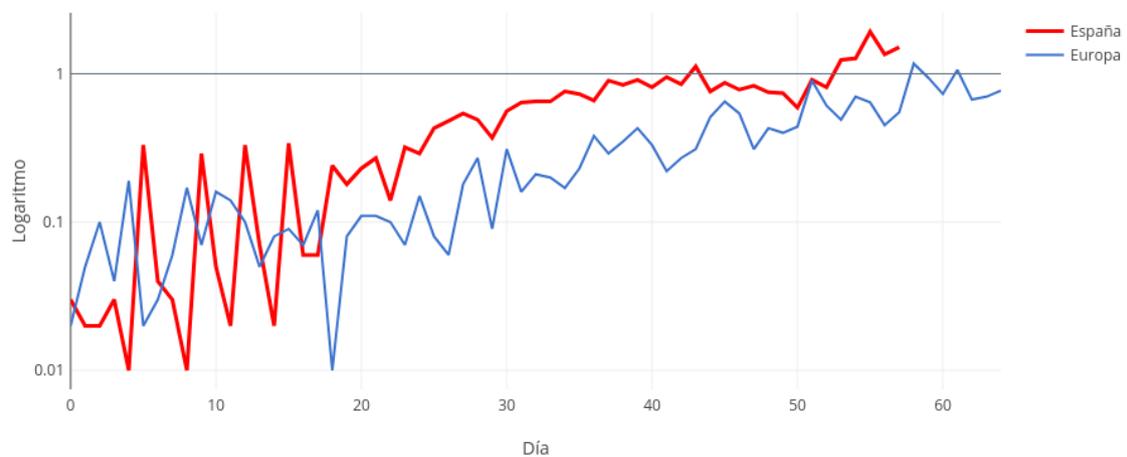
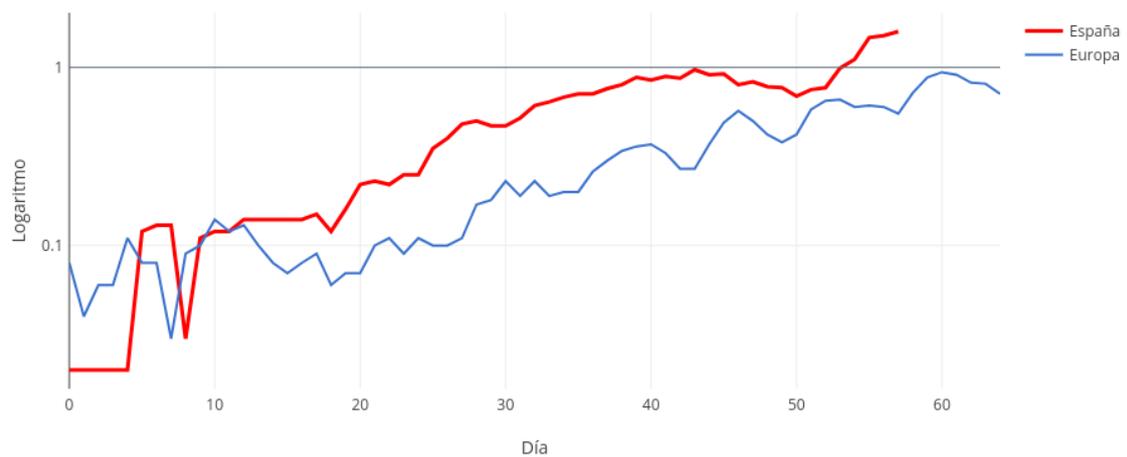


Gráfico 35. Indicador de Suficiencia Sanitaria diario suavizado en España y en el resto de Europa



3.3.7. Porcentajes diarios de nuevos casos activos

Los porcentajes diarios de nuevos diagnosticados en España y en Europa tienen un comportamiento similar. Decreciendo a un ritmo de aproximadamente un 5% cada semana. En general, España se ha mantenido ligeramente por debajo de Europa.

Gráfico 36. Porcentaje diario de nuevos diagnosticados en España y en el resto de Europa

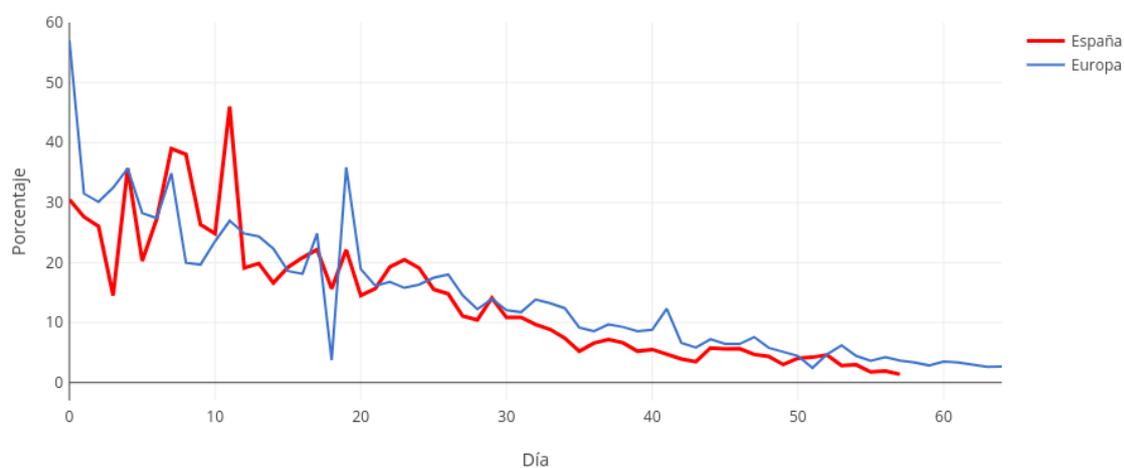
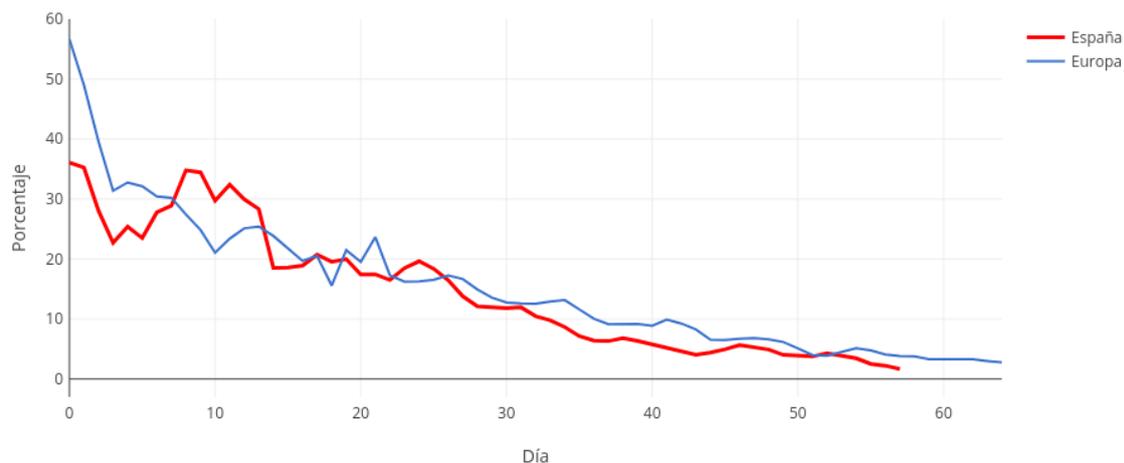


Gráfico 37. Porcentaje diario suavizado de nuevos diagnosticados en España y en el resto de Europa



4. Predicciones

Dada la diferente evolución de la pandemia por comunidades autónomas, se dan cuatro predicciones por zonas geográficas en las que España presentaría un ISSa similar al que tenía China cuando empezó a desescalar sus medidas de confinamiento. Más específicamente, en el caso que nos ocupa, China tenía un valor de ISSa del 93.84% cuando anunció que comenzaría a desescalar sus medidas de contención de la epidemia. Tanto las fases como las Comunidades Autónomas en cada fase se han ido actualizando a medida que avanza la pandemia. La predicción permite planificar a futuro las sucesivas medidas, con dos objetivos fundamentales. Por un lado, ralentizar la presión que la pandemia ejercería sobre el sistema sanitario. Por otro lado, orientar el gradual levantamiento de las restricciones en función de los valores ISS esperados. Esto no significa que el día predicho para cada fase se eliminen todas las medidas de confinamiento, sino que ese día el gobierno español dispondrá de resultados que le permitan fijar una fecha para levantar dichas medidas. Para realizar estas predicciones se utiliza un modelo de regresión dinámica, que fusiona la información propia contenida en los valores de la serie del ISS en España, con la información de la evolución del ISS en China. Es importante señalar que China ha tardado más de 61 días en alcanzar un ISS superior al 93%, que refleja una suficiencia casi de equilibrio en relación con las necesidades de su población.

A continuación, se muestran las predicciones obtenidas teniendo en cuenta la evolución del ISSa desde el día 29 de marzo hasta la fecha de elaboración de este trabajo. Ceuta no aparece en la Tabla de predicciones porque su ISSa superó el valor del 93% el pasado día 27 de abril de 2020.

Tabla 3. Predicciones

Fase	Comunidades Autónomas	Favorable	Plausible	Desfavorable
1	C. Valenciana, C. Madrid, Islas Baleares, País Vasco, Melilla, R. Murcia	2020-05-01	2020-05-04	2020-05-06
2	Canarias, Cantabria, Cataluña, Extremadura	2020-05-02	2020-05-11	2020-06-01
3	Andalucía, Aragón, La Rioja	2020-05-09	2020-05-17	2020-06-01
4	Asturias, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Galicia, Navarra	2020-05-14	2020-05-22	2020-06-06

5. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado el Indicador de Suficiencia Sanitaria (ISS), en sus versiones acumulada y diaria, con el que está siendo (y seguirá siendo) posible evaluar el efecto de la pandemia de la enfermedad COVID-19 sobre los sistemas sanitarios de España, en el resto de los ocho países más afectados por la pandemia y en Europa. En el caso de España, también se han evaluado los sistemas sanitarios de las 17 Comunidades Autónomas y las dos Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla.

El ISS aporta información objetiva sobre la presión que sufre un sistema sanitario de manera añadida debido a la pandemia. Valores bajos del ISS se traducen en una alta presión añadida, mientras que valores altos se traducen en una menor presión. Por ese motivo, este novedoso indicador permite realizar un seguimiento de la capacidad que tienen los sistemas de salud para responder a las necesidades de la población que genera una pandemia. De este modo, se puede comprobar de manera objetiva si las medidas excepcionales tomadas para hacer frente a la pandemia han resultado en mejoras y alivios para el sistema sanitario o, en caso contrario, si permite reconocer una situación desfavorable que requiere de intervenciones más estrictas.

En fases iniciales de la pandemia son esperables valores del ISS bajos. Mediante las medidas adecuadas (como podría ser el confinamiento de la población), se busca incrementar estos valores de ISS hasta alcanzar simultáneamente niveles estables cercanos al 100% para el ISS acumulado y en superiores o en torno a 1 para el ISS diario. Es en ese momento cuando se considera que una pandemia está controlada por el sistema sanitario y que, por tanto, su incidencia y alteraciones en la población y en el normal funcionamiento de un sistema sanitario es baja y controlada (al contrario que en las fases iniciales en las que se suceden situaciones de insuficiencia sanitaria).

De los resultados obtenidos a nivel nacional podemos concluir que la situación actual es positiva con tendencia a mejorar. España se encuentra con varios días consecutivos con valores de ISS diario por encima de 1. Es esperable que esta situación se mantenga de forma sostenida en el tiempo.

Dado que el ISS mide la presión añadida a un sistema sanitario en términos relativos a través de porcentajes y ratios, es posible comparar la evolución de los distintos países afectados por la pandemia. En concreto, en este estudio se ha comparado la evolución de España con China, Corea del Sur, Italia, EEUU, Alemania, Francia e Irán. A nivel internacional, a pesar de la consabida heterogeneidad en la recogida de datos, las curvas de los diferentes países presentan comportamientos similares. Este hecho es debido, posiblemente, a la naturaleza del virus SARS-CoV-2 y las similares medidas para combatirlo que se han tomado a nivel nacional. Su modo de transmisión, su periodo de incubación, la cuarentena asociada, hacen que las diferencias que puedan observarse se deban más a la diferente presteza en la toma de las decisiones de confinamiento.

A nivel predictivo se ha conseguido estimar las fechas en la que el gobierno español dispondrá de valores de los indicadores que permitan tomar decisiones sobre las medidas de confinamiento llevadas a cabo. Las fechas estimadas para el caso español están comprendidas entre el 4 y el 22 de mayo, dependiendo del valor predicho del ISS para las distintas comunidades autónomas.

Como trabajo futuro se pretende comparar los indicadores desarrollados en el presente trabajo con otros indicadores en el estado del arte. Así mismo, se aplicará el ISS a pandemias pasadas para evaluar su potencial y se emplearán para realizar predicciones que puedan anticipar escenarios futuros.

Referencias

- Universidad Johns Hopkins (2020): Repositorio github. <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>
— (2020): Center for Systems Science and Engineering (CSSE). <https://systems.jhu.edu/>
Ministerio de Sanidad (2020): Secretaría General de Sanidad de España. <https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/situacionActual.htm>

Breve CV de los autores

Javier M. Moguerza es Catedrático de Estadística e Investigación Operativa en la Universidad Rey Juan Carlos. Sus intereses de investigación se encuadran en el ámbito de la Ciencia de Datos, el Aprendizaje Automático y la Optimización No Lineal. Ha sido académico de la Global Young Academy y actualmente pertenece a los Alumni de dicha institución. Es académico fundador de la Academia Joven de España.

Salvador Perelló Oliver es Catedrático de Sociología en la Universidad Rey Juan Carlos. Coordinador del Grupo de Investigación del Alto Rendimiento 'methaodos.org'. En la actualidad sus líneas de investigación se centran en el análisis del discurso de la manipulación y el engaño y en el desarrollo de sistemas de indicadores.

Isaac Martín de Diego es Profesor Titular de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC). Especialista en Ciencia de Datos y Aprendizaje Máquina. Co-coordinador del DSLAB, grupo de investigación en Fundamentos y Aplicaciones de la Ciencia de Datos de la URJC. Director del Máster en Data Science de la URJC. Ha dirigido numerosos proyectos de investigación sobre Ciencia de Datos con entidades públicas y privadas de muy diversos sectores.

Víctor Aceña es Máster en Tratamiento Estadístico Computacional de la Información (UCM-UPM, 2016). Es investigador dentro del Grupo de Fundamentos y Aplicaciones de Ciencia de Datos (DSLAb) de la Universidad Rey Juan Carlos. Su área principal de trabajo es el diseño de metodologías avanzadas para ajuste de modelos estadísticos a datos dinámicos y longitudinales, fusionando elementos de aprendizaje estadístico y optimización matemática.

Marina Cuesta es Máster en Tratamiento Estadístico Computacional de la Información (UCM-UPM, 2016). Es investigadora dentro del Grupo de Fundamentos y Aplicaciones de Ciencia de Datos (DSLAb) de de la Universidad Rey Juan Carlos. Su área principal de trabajo consiste en aplicación de técnicas para predicción de series temporales y análisis de conglomerados.

Carmen Lancho-Martín es Máster en Tratamiento Estadístico Computacional de la Información (UCM-UPM, 2016). Es investigadora dentro del Grupo de Fundamentos y Aplicaciones de Ciencia de Datos (DSLAb) de de la Universidad Rey Juan Carlos. Su área principal de trabajo es el análisis de conglomerados y las técnicas de clasificación para datos desequilibrados.

César González Fernández. Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Madrid en la especialidad de Telemática. Máster en Data Science y máster en Sistemas de Decisión por la Universidad Rey Juan Carlos. Actualmente compatibiliza la realización de su tesis doctoral y su trabajo de investigador en esta misma universidad, siendo el procesamiento del lenguaje natural y los sistemas multiagentes sus áreas de trabajo principal.