



# Práctica 3

## Sistemas Borrosos

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS ORGANIZACIONES

GRUPO 83-1

*Miguel Gutiérrez Pérez*

100383537@alumnos.uc3m.es

*Mario Lozano Cortés*

100383511@alumnos.uc3m.es

*Alba Reinders Sánchez*

100383444@alumnos.uc3m.es

*Alejandro Valverde Mahou*

100383383@alumnos.uc3m.es

GitHub: ***InteligenciaArtificialOrganizaciones***

22 de noviembre de 2020

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Contexto de la práctica</b>	<b>3</b>
<b>3. Sistema borroso: Confinamiento</b>	<b>3</b>
3.1. Variables de entrada . . . . .	3
3.2. Variable de salida . . . . .	5
3.3. Reglas . . . . .	5
<b>4. Sistema borroso: Prueba PCR</b>	<b>6</b>
4.1. Variables de entrada . . . . .	6
4.2. Variable de salida . . . . .	8
4.3. Reglas . . . . .	8
<b>5. Validación del sistema</b>	<b>9</b>
5.1. Confinamiento . . . . .	9
5.2. Prueba PCR . . . . .	9
<b>6. Conclusiones</b>	<b>9</b>

# 1. Introducción

Los sistemas borrosos hacen uso de la *Lógica Difusa*, que es una técnica del área de la inteligencia artificial que permite la inclusión de conceptos humanos vagos para resolver problemas [1].

Es un tipo de lógica que reconoce más que valores de verdadero o falso, pues permiten decir el grado de verdad o falsedad de distintas variables, pudiendo llegar a usar variables lingüísticas [2].

Este tipo de sistemas expertos intenta abordar los problemas tal y como lo haría un humano: en términos relativos, y en grados de pertenencia. Estos conceptos vagos son los que usan normalmente los humanos a la hora de razonar.

Los dos problemas que se plantean están fuertemente relacionados con el *COVID-19*. Se trata de crear dos sistemas borrosos capaces de decidir, por un lado **cuándo hay que confinar una población** y, por otro, **cuándo hay que realizar una prueba PCR a un paciente**. Estos problemas pueden ser solucionados a través de sistemas borrosos porque las variables involucradas, tanto de entrada como de salida, pueden ser transformadas en el grado de pertenencia a una clase concreta.

Es importante remarcar que los datos que se han usado para la resolución de la práctica, a falta de contactos con expertos, se han tomado de distintas fuentes del *Ministerio de Sanidad* [3,4] de España. Para poder complementar los sistemas borrosos, ya que requerían de más información, se han interpretado estos valores por los autores. Por tanto, sería necesario realizar una revisión a través de expertos, ya sean médicos, virólogos o epidemiólogos que puedan confirmar o corregir los valores y franjas introducidas.

Sí es cierto que el criterio de realización de pruebas PCR, a pesar de que pueda llegar a ser distinto en cada país, está muy bien acotado y definido. Esto ha facilitado la realización de su sistema borroso.

No es así en el caso del sistema borroso para decidir si confinar o no una población, puesto que no está explicado ni expuesto correctamente en ningún documento público. A pesar de que el *Ministerio de Sanidad* [3] incluya unas directrices que informen de los rangos de valores para diferentes niveles de riesgo, no indica a partir de cuales de esos valores se ha de confinar.

Para resolver los problemas propuestos se utiliza la herramienta *Fuzzy Logic Toolbox (FLT)* de MATLAB debido a que permite manejar fácilmente los principales aspectos cuando se quiere crear un sistema borroso.

## 2. Contexto de la práctica

La lógica difusa es muy útil cuando se desea representar y operar con conceptos que tengan imprecisión y sirve cuando hay ciertas partes del sistema a controlar que son desconocidas y no pueden medirse de forma fiable.

Los sistemas borrosos, al igual que numerosas técnicas de IA, puede ser aplicada sobre muchos tipos de problemas diferentes, como, por ejemplo, en diagnóstico médico, intercambio de acciones de bolsa, optimización de centrales de energía, e incluso el manejo automático de un helicóptero [1].

Un caso que puede resultar especialmente llamativo es el uso de la lógica difusa para controlar un NPC (*Non-Playable Characters*) en un videojuego [2]. Este pequeño caso de estudio intentaba y conseguía demostrar la eficacia y simpleza que resulta la aplicación este tipo de soluciones a entornos dinámicos.

## 3. Sistema borroso: Confinamiento

De manera inicial se plantea el desarrollo de un sistema borroso que decida la conveniencia o no de confinar a una población en función de una serie de parámetros o variables de entrada al sistema que se detallarán en la subsiguiente sección.

### 3.1. Variables de entrada

Tras un estudio metódico de las variables relevantes en la tarea que se trata de resolver y mediante el apoyo en la información oficial proporcionada en el ámbito de la *Estrategia Nacional para la COVID-19 del Gobierno del Reino de España* [3] se determinan como relevantes la siguiente relación de variables.

- **Incidencia acumulada de casos diagnosticados en 14 días (IA-14):** Casos confirmados en 14 días  $\times 100.000$  / número de habitantes. Sus posibles valores son: *Muy Bajo*, *Bajo Medio*, *Alto* y *Muy Alto*. La figura 1 muestra los intervalos de cada uno de los posibles valores de forma gráfica.

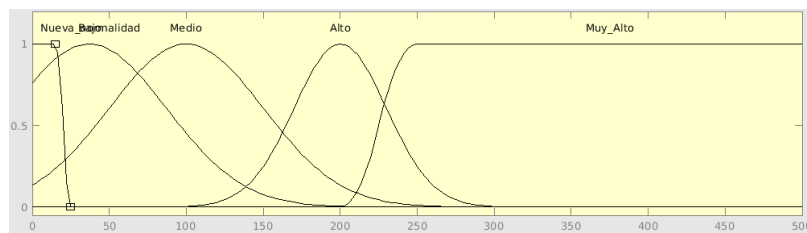


Figura 1: IA-14

- **Incidencia acumulada de casos diagnosticados en 7 días (IA-7):** Casos confirmados en 7 días  $\times 100.000$  / número de habitantes. Sus posibles valores son: *Muy Bajo*, *Bajo Medio*, *Alto* y *Muy Alto*. La figura 1 muestra los intervalos de cada uno de los posibles valores de forma gráfica.
- **Incidencia acumulada de casos diagnosticados en Incidencia acumulada de casos con 65 o más años diagnosticados en 14 días (IA-14 65):** Casos  $\geq 65$  años confirmados en 14 días  $\times 100.000$  / número de habitantes  $\geq 65$  años. Sus posibles valores son: *Muy Bajo*, *Bajo Medio*, *Alto* y *Muy Alto*. La figura 2 muestra los intervalos de cada uno de los posibles valores de forma gráfica.

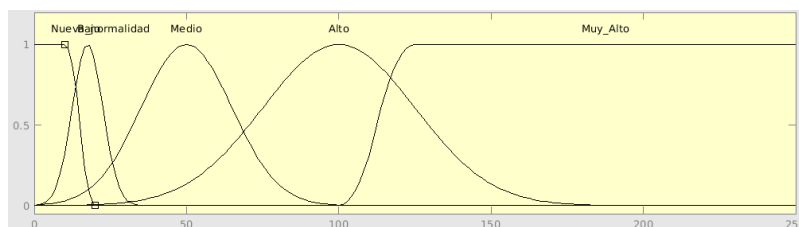


Figura 2: IA-7

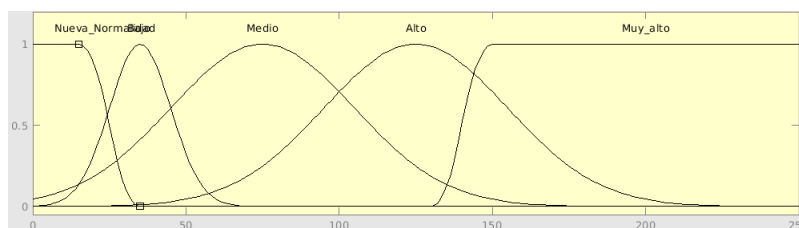


Figura 3: IA-14

- **Incidencia acumulada de casos diagnosticados en 7 días** (IA-7 65): Casos  $i=65$  años confirmados en 7 días  $\times 100.000$  / número de habitantes  $i=65$  años. Sus posibles valores son: *Muy Bajo*, *Bajo Medio*, *Alto* y *Muy Alto*. La figura 3 muestra los intervalos de cada uno de los posibles valores de forma gráfica.

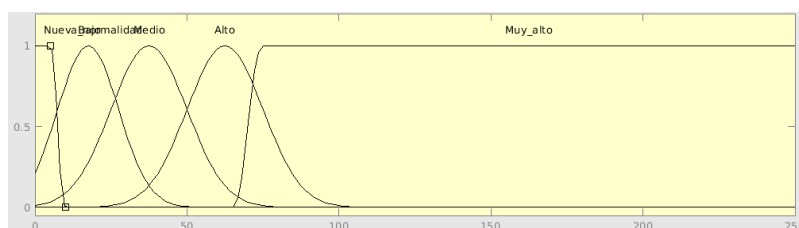


Figura 4: IA-7 65

- **Positividad global de las PDIA (Prueba Diagnóstica de Infección Activa) por semana** (PDIA): Número de pruebas con resultado positivo en 7 días  $\times 100$  / Número de pruebas realizadas en 7 días. Sus posibles valores son: *Muy Bajo*, *Bajo Medio*, *Alto* y *Muy Alto*. La figura 4 muestra los intervalos de cada uno de los posibles valores de forma gráfica.

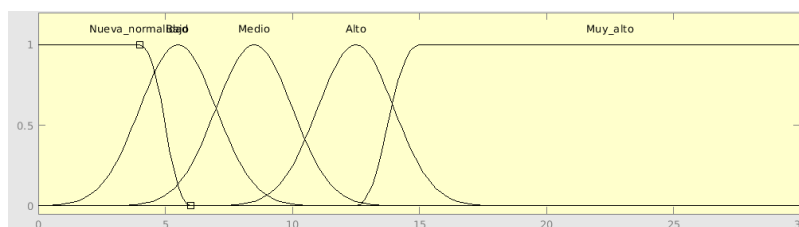


Figura 5: PDIA

- **Ocupación de camas de cuidados críticos por casos de COVID-19 (UCI)**: Número de camas de cuidados críticos ocupadas por casos de COVID / Número de camas de cuidados críticos totales en funcionamiento. Sus posibles valores son: *Muy Bajo*, *Bajo Medio*, *Alto* y *Muy Alto*. La figura 5 muestra los intervalos de cada uno de los posibles valores de forma gráfica.

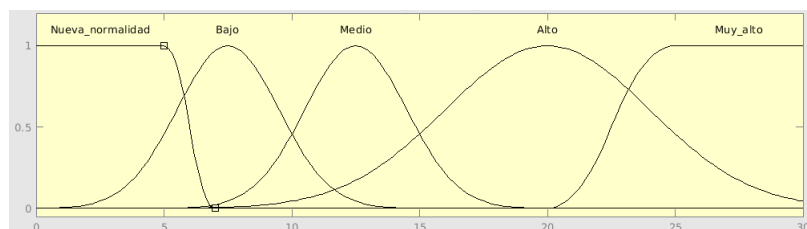


Figura 6: UCI

- **Ocupación de camas de hospitalización por casos de COVID-19 (Camas):** Número de camas de hospitalización ocupadas por casos de COVID / Número total de camas de hospitalización en funcionamiento. Sus posibles valores son: *Muy Bajo*, *Bajo Medio*, *Alto* y *Muy Alto*. La figura 6 muestra los intervalos de cada uno de los posibles valores de forma gráfica.

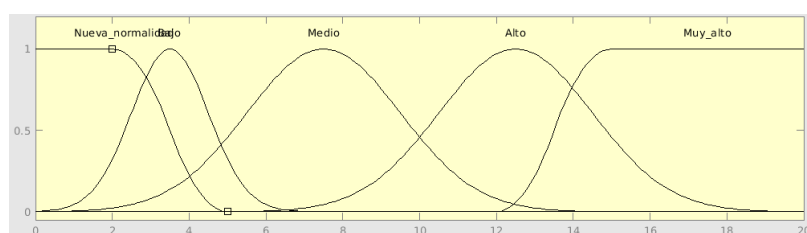


Figura 7: Camas

### 3.2. Variable de salida

Se establece como variable de salida el hecho de confinar o no una población en función de tres niveles diferenciados. *No confinar*, *Considerar el confinamiento* y *Sí confinar*. Se hace hincapié en el sentido del valor *Considerar el confinamiento* que indica a los responsables de confinar un territorio que sería recomendable hacerlo atendiendo únicamente a razones sanitarias, pero que existe capacidad de discusión de otro tipo de medidas que no perjudiquen en esa medida a los sectores productivos de la población. La figura 7 muestra los intervalos de cada uno de los posibles valores de forma gráfica.

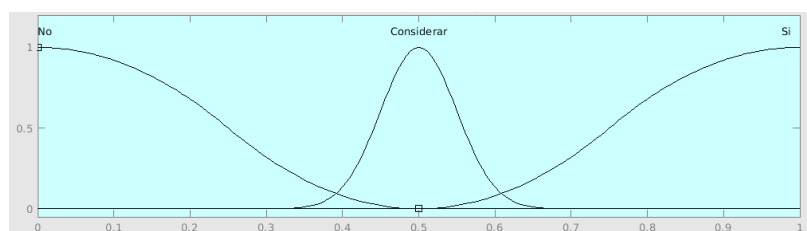


Figura 8: Confinar

### 3.3. Reglas

Todas las reglas son del tipo *AND* menos la primera que es del tipo *OR*.

	IA-14	IA-7	IA-14 65	IA-7 65	PDI	UCI	Camas
Regla 1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Regla 2	Medio	Medio	-	-	-	-	Alto
Regla 3	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Regla 4	Nueva normalidad	Nueva normalidad	Nueva normalidad	Nueva normalidad	Nueva normalidad	Nueva normalidad	Nueva normalidad
Regla 5	Bajo	Alto	-	-	-	-	-
Regla 6	Bajo	Medio	-	-	-	-	-
Regla 7	Medio	Medio	-	-	-	Alto	-
Regla 8	-	-	-	-	-	Bajo	Bajo
Regla 9	Medio	Medio	Alto	Alto	-	-	-
Regla 10	Medio	Medio	-	-	-	Nueva normalidad	Nueva normalidad
Regla 11	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Regla 12	Alto	Bajo	-	-	-	-	-
Regla 13	-	-	Bajo	Alto	-	-	-
Regla 14	-	-	-	-	Alto	-	-

## 4. Sistema borroso: Prueba PCR

Este segundo sistema basado en lógica borrosa debe decidir si dado un paciente, es o no candidato a que se le realice una prueba PCR. Para ello, se definen una serie de variables de entrada obtenidas del *Ministerio de Sanidad* [4], se ha decidido seleccionar aquellas que se cree que son más relevantes. Además, se establece la variable de salida y por último las reglas para la toma de decisiones.

Un sistema que consiga resolver este problema de forma eficaz sería de gran ayuda en los centros médicos, ya que aliviaría la carga de trabajo de los médicos y sería de utilidad a la hora de tomar decisiones sobre casos inconcluyentes.

### 4.1. Variables de entrada

Las entradas del sistema seleccionadas son:

- **Días desde primeros síntomas (DDPS):** representa el número de días que el paciente lleva con síntomas relacionados con el *COVID-19*. Sus posibles valores son: *Pocos*, *Medios* y *Muchos*.

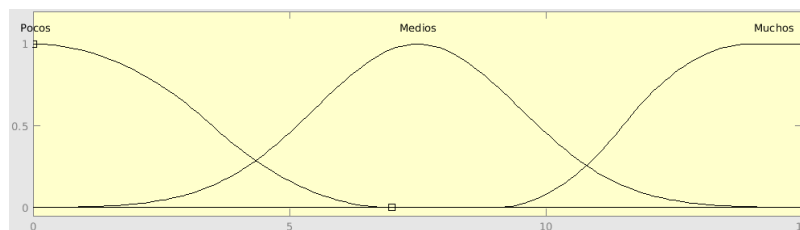


Figura 9: DDPS

- **Prueba rápida:** si el paciente ha dado positivo o negativo en una prueba rápida, por lo tanto sus valores son solo *Sí* o *No*.

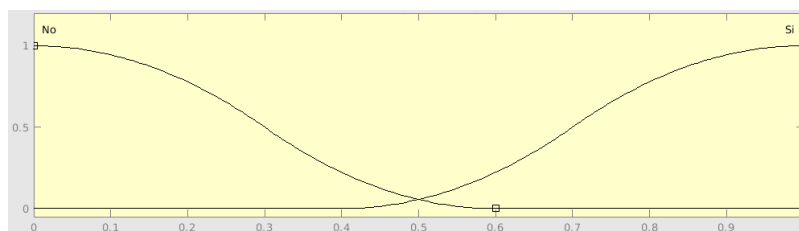


Figura 10: Prueba rápida

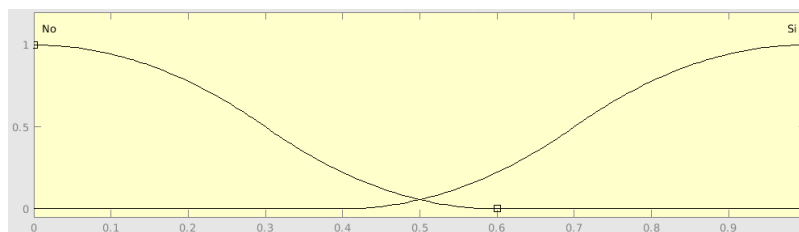


Figura 11: PCR

- **PCR:** si el paciente ha dado positivo o negativo en una prueba PCR, al igual que en la variable anterior, sus valores son solo *Sí* o *No*.
- **UCI:** si el paciente tiene que ser ingresado en la UCI, posibles valores: *Sí* o *No*.

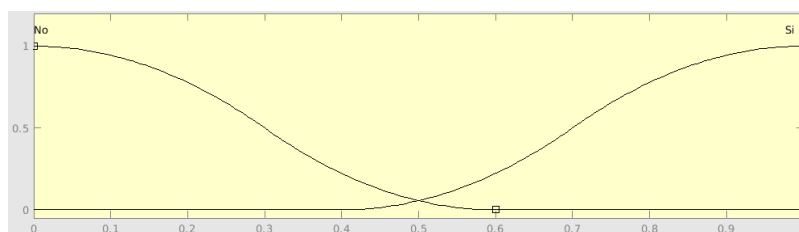


Figura 12: UCI

- **Sospecha clínica:** creencia del médico de si el paciente puede tener o no el *COVID-19*. Toma valores de *Baja*, *Media* y *Alta*.

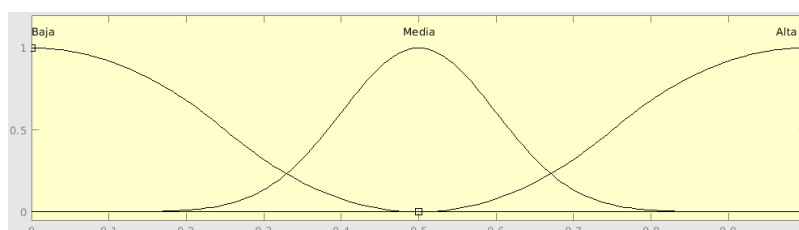


Figura 13: Sospecha clínica

- **Días desde contacto positivo (DDCP):** representa el número de días desde que el paciente ha estado en contacto con una persona positiva de *COVID-19*. Sus posibles valores son: *Pocos*, *Medios* y *Muchos*.
- **Síntomas:** indica el número de síntomas de *COVID-19* que tiene el paciente. Puede tomar valores de *Ninguno*, *Alguno*, *Varios* y *Todos*.
- **Uso mascarilla con no convivientes (UMNC):** si el paciente usa regularmente la mascarilla cuando se encuentra con personas con las que no convive, sus valores son solo *Sí* o *No*.



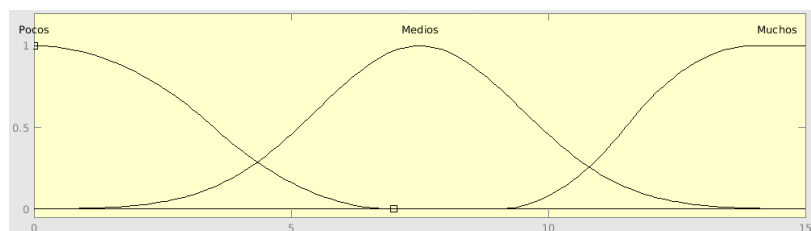


Figura 14: DDCP

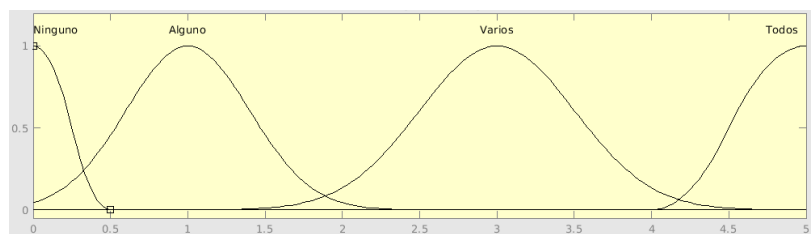


Figura 15: Síntomas

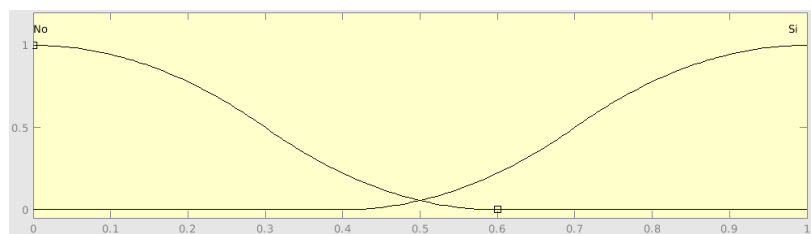


Figura 16: UMNC

## 4.2. Variable de salida

Realizar test PCR

## 4.3. Reglas

Todas las reglas son del tipo *AND*.

	DDPS	Prueba Rápida	PCR	UCI	Sospecha Clínica	DDCP	Síntomas	UMNC	Realizar PCR
Regla 1	<i>Not</i> Pocos	-	-	-	-	-	-	-	Sí
Regla 2	-	-	No	-	Alta	-	-	-	Sí
Regla 3	-	No	-	-	Alta	-	-	-	Sí
Regla 4	<i>Not</i> Pocos	No	-	-	-	-	-	-	Sí
Regla 5	-	-	Sí	-	-	-	-	-	Sí
Regla 6	-	-	-	-	-	Muchos	Ninguno	-	No
Regla 7	-	-	-	-	-	<i>Not</i> Mucho	Ninguno	Sí	No
Regla 8	Pocos	-	-	-	<i>Not</i> Alta	-	-	-	No
Regla 9	-	Sí	-	-	Baja	-	-	-	Sí
Regla 10	-	-	-	-	-	<i>Not</i> Muchos	<i>Not</i> Ninguno	No	Sí
Regla 11	<i>Not</i> Pocos	-	-	-	-	-	Todos	-	Sí
Regla 12	-	No	-	-	-	-	-	-	Sí
Regla 13	-	-	-	-	-	-	-	-	Sí
Regla 14	-	-	-	-	-	-	-	-	Sí

## **5. Validación del sistema**

### **5.1. Confinamiento**

### **5.2. Prueba PCR**

## **6. Conclusiones**

## Referencias

- [1] H. Singh, M. Gupta, T. Meitzler, Z.-G. Hou, K. Garg, A. Solo, and L. Zadeh, “Real-life applications of fuzzy logic,” *Advances in Fuzzy Systems*, vol. 2013, 08 2013.
- [2] U. Köse, “Developing a fuzzy logic based game system,” *Computer Technology and Application*, vol. 3, pp. 510–517, 01 2012.
- [3] G. d. E. Ministerio de Sanidad, “Estrategia nacional para la covid 19.” [https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19\\_Estrategia\\_vigilancia\\_y\\_control\\_e\\_indicadores.pdf](https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Estrategia_vigilancia_y_control_e_indicadores.pdf), Nov. 2020.
- [4] G. d. E. Ministerio de Sanidad, “Estrategia de detección precoz, vigilancia y control de covid-19.” [https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19\\_Estrategia\\_vigilancia\\_y\\_control\\_e\\_indicadores.pdf](https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Estrategia_vigilancia_y_control_e_indicadores.pdf), Nov. 2020.