

## Conclusiones de la reunión inicial del comité 25-03-2020

1. Se ha discutido sobre la importancia de poder recabar de forma directa, de las autoridades competentes, al más alto nivel, la información básica y personas de contacto en relación con los problemas más urgentes e importantes ocasionados por la epidemia en los que su complejidad aconseja su abordaje con ayuda de análisis y modelización desde las Matemáticas. Aunque hay ciertas dudas sobre la efectividad de esta aproximación, se considera conveniente explorarla porque, si fructifica, sería de gran utilidad.

2. Se han recogido las aportaciones sobre los tipos de datos e información que debemos solicitar a las autoridades competentes. Durante la reunión no ha habido gran discusión sobre este asunto, de lo cual se deduce que se dan por buenos los siguientes puntos que desarrollan los enviados inicialmente desde el coordinador de la comisión:

2.1. Series de datos diarios de la epidemia, que sean completas y desagregadas por CCAA y por rangos de edad. Estas series deberían contener el número de casos confirmados, el número de fallecidos, el número de pacientes curados, el número de enfermos hospitalizados, el número de ellos en la UCI, etc. Si se quiere analizar también el posible efecto de variables meteorológicas (temperatura, humedad, radiación solar, etc.) en la evolución de la epidemia, será necesario disponer de tales variables (AEMET o quien proceda) y, en concreto, sería interesante contar con curvas diarias de las mismas.

2.2. Microdatos de los casos diagnosticados, incluyendo la siguiente información de interés para cada paciente: tiempos relevantes (fecha de contacto con posibles casos previos, fecha de primeros síntomas, fecha de hospitalización, fecha de alta, fecha de fallecimiento), covariables relevantes (edad, sexo, ubicación geográfica de su domicilio y de su lugar de trabajo, patologías previas -en caso afirmativo, cuáles-, existencia de contacto previo con casos confirmados o con casos sospechosos, curvas diarias de temperatura, presión arterial del paciente, etc.).

2.3. Microdatos de encuestas que se puedan estar haciendo actualmente por parte del Ministerio de Sanidad o de las CCAA.

2.4. Datos sobre recursos disponibles en el sistema de salud. Especialmente de aquellos equipos o infraestructuras que se consideren críticos y que puedan resultar escasos durante la epidemia. Datos de uso de los mismos, tanto en los días anteriores al inicio de la epidemia como en la actualidad y en las últimas semanas. Además, sería necesario conocer los problemas principales de reparto de estos bienes escasos a los que se enfrentan los mandos de gestión de la crisis y qué objetivos priorizan en sus decisiones.

2.5. Registros de movilidad de la población (ficheros Big Data), incluyendo también los que está recabando el INE con la colaboración de algunas compañías de telefonía móvil.

3. Se constata la existencia de un importante número de matemáticos que ya está asesorando a la administración en distintos niveles (a veces extraoficialmente, por relaciones personales y de forma voluntarista): al Gobierno del Estado, a los Gobiernos de las CCAA, a Ayuntamientos, a hospitales. Normalmente los contactos no son al más alto nivel de decisión, sino con responsables de servicios, directores de hospitales, concejales, quizá algún diputado o consejero de CA, etc. Es importante indicar que se observa estos investigadores están trabajando con información distinta, unos por recabar la información pública y buena parte por los contactos con las distintas administraciones.

4. Se considera conveniente hacer llegar cuanto antes a las autoridades competentes las propuestas concretas que hace la comunidad matemática en relación a problemas, aparentemente relevantes, en los que la comunidad investigadora en Matemáticas tiene capacidad y experiencia científica. Tras un análisis muy preliminar, se considera que la tipología de problemas que se podrían abordar comprende:

4.1. La evolución y propagación de la epidemia, a nivel global y por CCAA, e incluso a nivel local en el caso de las grandes ciudades, tanto a nivel de casos confirmados, hospitalizados y en UCI, como en la proporción poblacional de portadores del virus o de individuos con presencia de anticuerpos.

4.2 El efecto que tendrían en el desarrollo de la epidemia los cambios en las medidas de confinamiento y de distanciamiento social.

4.3. La predicción anticipada del número de contagios, fallecidos, ingresados en hospitales, pacientes en UCI y proporción poblacional de portadores, con un horizonte de predicción de unos pocos días o incluso de semanas, a nivel de todo el Estado, de CCAA, de provincia e incluso para algunos municipios muy poblados o con especial relevancia.

4.4. La predicción de la evolución de cada paciente, a partir de la información relevante que se conozca del mismo, al objeto de poder anticiparse a su necesidad de hospitalización o ingreso en UCI, entre otros aspectos.

4.5. La estimación de los tiempos relevantes en la evolución de los pacientes a partir de datos desagregados: tiempos de incubación, tiempo desde la infección hasta el cese de la enfermedad (o hasta el fallecimiento), tiempo durante el cual se puede contagiar el virus después de haberse dado de alta al paciente. Estos parámetros son fundamentales para nutrir los modelos necesarios para los puntos 4.1 a 4.3.

4.6. El reparto de bienes escasos en esta situación de emergencia (mascarillas, equipos de protección, tests de detección, turnos del personal, etc.) entre los agentes implicados (comunidades autónomas, ciudades, hospitales, sectores de la población, etc.) persiguiendo diversos objetivos (reducir los fallecimientos, atajar la dispersión de la epidemia, limitar las diferencias de trato hacia los agentes, garantizar la rotación del personal, etc.). Esto incluye la optimización, en general, de los recursos materiales y humanos disponibles, tanto los de tipo sanitarios como, en su caso, todos los bienes y servicios de primera necesidad.

4.7. La colaboración con otros investigadores (biotecnólogos, virólogos, etc.) en la formulación y el desarrollo de modelos matemáticos y estadísticos para el descubrimiento de fármacos efectivos contra la enfermedad.

4.8. La colaboración con otros investigadores (biotecnólogos, virólogos, etc.) en la formulación y el desarrollo de modelos matemáticos y estadísticos para el descubrimiento de una vacuna efectiva.

4.9. El estudio in-silico de medidas de control de la enfermedad COVID19 no farmacéuticas que puedan colaborar al diseño de políticas de salud pública.

5. Desde el punto de vista matemático y estadístico y, en general, de la ciencia de datos, la metodología prevista es la siguiente:

5.1. Los modelos deterministas de propagación de epidemias. Entre ellos los de dinámica de poblaciones, los compartimentales, los autómatas celulares, los basados en ecuaciones en derivadas parciales y las redes complejas, entre otros. También los modelos estocásticos de propagación de epidemias y muy especialmente su resolución por simulación de Monte Carlo.

5.2. Las técnicas estadísticas: el muestreo, la estimación en áreas pequeñas, el análisis de supervivencia (datos censurados y/o truncados o incompletos), los modelos de curación, el análisis de series temporales, la geoestadística y los modelos espacio temporales, el análisis de datos funcionales, los métodos de estimación no paramétrica de curvas, los modelos de regresión, las técnicas de clasificación supervisada (análisis discriminante) y no supervisada (análisis clúster), etc.

5.3. La investigación operativa en todas sus vertientes: la optimización con restricciones, entre ellos la optimización en redes con flujo, los problemas de localización, los problemas de rutas, los problemas de optimización de turnos de trabajo, la teoría de colas y la teoría de juegos. Así mismo el desarrollo de simuladores que faciliten la evaluación de políticas de gestión de recursos (hospitalarios y extra-hospitalarios) para ayudar a tomar las mejores decisiones, en un entorno sin riesgo.

5.4. Las técnicas de aprendizaje máquina (machine learning), aprendizaje estadístico (statistical learning) y, en general los modelos de la inteligencia artificial, que frecuentemente se pueden aplicar como alternativa o complemento a los métodos estadísticos.

6. Las tareas a acometer próximamente son:

6.1. De forma inmediata, la elaboración de un documento que recoja el contenido de los puntos 2 y 4 del presente documento, convenientemente ampliadas (¿o quizá no?), y su traslado a las autoridades competentes, al máximo nivel posible, junto con la necesidad de tener una reunión con las personas responsables que ayuden a identificar los problemas más urgentes en los que las matemáticas podrán aportar gran valor para su resolución. En el e anexo se recogen, a modo de ejemplo, algunas de las colaboraciones que están ya en marcha a nivel autonómico o local. Este documento debería ser dinámico, evolucionando en función de la respuesta recibida de las autoridades y de las iniciativas llevadas a cabo por la comunidad matemática en colaboración con diversas parcelas de la administración central, autonómica y local.

6.2. El análisis detallado de las propuestas recibidas (y que se seguirán recibiendo) por parte de la comunidad matemática, al objeto de identificar aquellas que mejor se adapten a las prioridades identificadas fruto de las acciones del punto 6.1. A su vez, una vez identificados los problemas más urgentes en el punto 6.1, se someterán a la comunidad matemática/estadística para recibir nuevas propuestas y valorar las mejores estrategias para abordarlos.

6.3. Una vez se tenga respuesta al punto 6.1 por parte de la administración, la identificación de equipos de investigación en el ámbito de las Matemáticas que puedan acometer los problemas planteados.

6.4. En caso de no tener éxito en la respuesta por parte de la administración central del estado al punto 6.1, podría plantearse una estrategia como la citada en ese punto pero fijando como objetivo la administración autonómica, la local, así como el tejido productivo, las ONG y la ciudadanía en su conjunto.

6.5. La identificación, a partir de documentos como los citados en el punto 6.1 y las prioridades expresadas por las autoridades competentes, de equipos de investigación de otras áreas de investigación que precisen de la colaboración de equipos de matemáticos para acometer algunos de los retos que plantea la pandemia: epidemiología, diseño de fármacos, hallazgos de vacunas, impacto económico de las distintas medidas, etc.

6.6. La creación de grupos de trabajo descentralizados y una estructura pare el debate y la

coordinación a nivel estatal, junto con otros mecanismos que permitan a los investigadores en Matemáticas compartir experiencias, fijar sinergias y cooperar en la resolución de problemas semejantes (por ejemplo en distintas CCAA) con la metodología más adecuada. Asimismo, organizar los cauces para la colaboración entre grupos de trabajo para compartir la información y datos disponibles no confidenciales, tanto de información recabada por los propios medios de los investigadores, como de la información proporcionada por las administraciones, facilitando el acceso de toda la comunidad matemática a esa información.

6.7. La visibilización de los logros matemáticos obtenidos como fruto de las acciones llevadas a cabo en relación con los puntos anteriores, especialmente aquellas que tengan un mayor impacto en la sociedad.

### **Anexo**

Algunas de las colaboraciones que estén ya en marcha a nivel autonómico o local  
Es una lista que necesitamos completar:

- a) Previsión de necesidad de recursos hospitalarios en la Comunidad Foral de Navarra, actualizada cada día, realizada a petición de la Administración, que facilita diariamente los datos necesarios

**CEMat**  
**Comité Español de Matemáticas**