

Plataforma de información geográfica de la UNAM sobre COVID-19 en México

Adrian Ghilardi^{1,2*}, Ilse Ruiz-Mercado^{3,2}, Antonio Navarrete¹, Emily Sturdivant^{1,2}, Roberto Velasco-Segura⁴, Adrián Orozco¹, Iván Franch-Pardo⁵, Alejandra Larrazábal¹, Mariana Gascón⁶, Carolina Teutle Ixehuatl⁷, Paola Salmán⁷, Antonio Vieyra¹

1 Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta, Morelia, Michoacán, C.P. 58190, México

2 Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta, Morelia, Michoacán, C.P. 58190, México

3 Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Mérida (ENES Mérida), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Carretera Mérida-Tetiz km 4.5, Tablaje Catastral No. 6998, Municipio de Ucú, Yucatán, C.P. 97357, México

4 Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología (ICAT), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), circuito exterior s/n, Col. Cd. Universitaria, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, México

5 Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta, Morelia, Michoacán, C.P. 58190, México

6 Asociación Progreso para México (PROMEX), Camino Viejo a San Blas No. 24, Col. Lindavista, Tepic, Nayarit, C.P. 63110, México

7 Sistemas de Información Geográfica SA de CV (SIGSA), Fresas 27 – 101, Col. Tlacoquemecatl del Valle, Delegación Benito Juárez, Ciudad de México, C.P. 03200, México

*aghilardi@ciga.unam.mx

RESUMEN

A principios del mes de marzo del año 2020, comenzamos a diseñar y desarrollar una plataforma de consulta en línea para el seguimiento espaciotemporal de los casos de COVID-19 en México, y las defunciones asociadas a la enfermedad. Desde el comienzo y hasta la actualidad, el sistema se nutre de información que publican de manera abierta diferentes instituciones del Gobierno de México. En este artículo, resumimos el funcionamiento de la Plataforma de información geográfica de la UNAM sobre COVID-19 (<https://covid19.ciga.unam.mx/>), un sistema completamente automatizado, multilingüaje, y confiable en cuanto a conectividad, que hemos desarrollado para darle seguimiento a la pandemia de COVID-19 en México. Explicamos cómo aporta o cómo se integra nuestra plataforma al universo de sistemas similares que se fueron desarrollando para México por una variedad de actores, desde oficiales y de gobierno hasta independientes en el extranjero. Finalmente, discutimos en qué medida este tipo de plataformas son útiles para la sociedad, en términos de informar versus contener la enfermedad; cuales son las falencias de información más evidentes; y que estrategias de Ciencia Tecnología e Investigación en México deberían fortalecerse desde ahora para desarrollar sistemas geoespaciales epidemiológicos realmente útiles para la sociedad, sabiendo que tarde o temprano, vamos a volver estar en una situación similar, o mucho más drástica aún.

Palabras clave: *COVID-19; geoplataforma; dinámica espacio-temporal; comorbilidades, vigilancia epidemiológica*

ABSTRACT

With the declaration of the COVID-19 pandemic in March 2020, we began to develop a web platform to monitor the spatio-temporal distribution of COVID-19 cases and associated deaths in Mexico (<https://covid19.ciga.unam.mx/>). In this paper, we summarize the operation and design of the resulting UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) COVID-19 geographic information platform, a system that is completely automated, multi-language, and reliable. Inputs to the system are acquired from publicly available datasets distributed by the Mexican government. We explain the unique contribution of our platform in the context of the universe of similar systems that were developed by actors from Mexican government officials to independent parties abroad. We conclude by evaluating the utility of this type of platform to society, in terms of providing information versus guiding public health strategies and we discuss the most apparent limitations of the information. Finally, we suggest strategies to strengthen technology science and research in Mexico to enable the development of geospatial epidemiological systems with great societal value, given the inevitability that a similar or even worse situation will test us in the future.

Keywords: COVID-19; geoplatform; space-time dynamics; comorbidities, epidemiological surveillance.

INTRODUCCIÓN

Nunca antes en el mundo se vio un desarrollo tan diverso y rápido de plataformas geoespaciales para el seguimiento de una pandemia (Boulos and Geraghty 2020, Chande et al. 2020, Dong et al. 2020, Everts 2020, Florez and Singh 2020). Esto se debe básicamente a dos cosas: 1) la disponibilidad de plantillas web, “plugins”, y códigos libres que se comparten con la comunidad internacional y que facilitan el procesamiento, despliegue, y análisis de la información geoespacial, 2) la disponibilidad de datos abiertos que se actualizan día con día (Cuadros et al. 2020, Franch-Pardo et al. 2020, Paszto et al. 2020).

En el caso de México, se desarrollaron una gran variedad de tableros (Apéndice I) con diversidad de variables procesadas, a partir de la base única de datos abiertos¹ integrados con variables geoespaciales de divisiones administrativas (INEGI)² y de población proyectada al 2020 (CONAPO)³. Algunos de estos desarrollos tempranos en México se fueron abandonando porque, sin una automatización completa, se requiere de la intervención humana día con día que puede resultar muy costosa. En algunos casos se optaba por actualizar una vez a la semana, perdiendo el beneficio de la actualización diaria de la base de datos abiertos. El apéndice I lista los tableros disponibles y activos al mes de noviembre de 2020.

Con respecto a la plataforma de información geográfica de la UNAM sobre

COVID-19 en México, a principios del mes de marzo del año 2020 (cuando el avance de la pandemia de COVID-19 sobre México era inminente), la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM (a través de la Dirección del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental -CIGA-), solicitó apoyo para aplicar la experiencia probada del CIGA en procesamiento geoespacial, para desarrollar recursos que fueran de algún tipo de utilidad para la sociedad mexicana frente al nuevo virus. La premisa sonaba importante, pero era a la vez vaga en cuanto a qué productos se requerían y en qué forma deberían ser útiles a la sociedad. Lo primero que se hizo fue mirar hacia el extranjero, en países donde la epidemia ya era un fenómeno de máxima gravedad. Mediante una serie de intercambios con colegas del CIGA, entendimos que un sistema de monitoreo de la dinámica espacio-temporal de los casos de COVID-19 y las defunciones por esta enfermedad, era donde podíamos aplicar nuestra experiencia. La utilidad concreta de tal esfuerzo no quedó clara por varias semanas más, hasta mediados de abril.

El primer paso fue analizar el alcance de los datos que, de manera inédita, se estaban haciendo públicos en tiempo casi-real, y, por otro lado, establecer la mejor manera de expresar de modo espacial la información obtenida, lo que permitiría empezar a conocer patrones espaciales en la distribución de casos de COVID-19 en México.

¹ <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127>

²

<https://www.inegi.org.mx/temas/mg/default.html#Descargas>

³ <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>

Entre los meses de abril y mayo fuimos automatizando todo el proceso mediante códigos escritos en varios lenguajes (R, Python, Bash) debiéndonos adaptar muy frecuentemente a los cambios en formato y ubicación de los datos abiertos que pone a disposición la Secretaría de Salud del Gobierno de México. Actualmente contamos con un sistema 100% automatizado que, además, permite consultas personalizadas desde diversos sectores del gobierno y de la sociedad en general.

En este artículo describimos cómo funciona la plataforma, cuáles son los principales recursos que ofrece, y concluimos con una serie de recomendaciones sobre desarrollos a futuro que pueden ser de gran utilidad, sobre todo para un mejor manejo de la COVID-19 en México en 2021, y eventualmente para otras futuras pandemias o epidemias que afecten al país.

MATERIALES Y MÉTODOS

A las 20 horas de cada día inicia un proceso escrito en el lenguaje de programación de R. Primero, el sistema verifica la fecha de los datos publicados por la Secretaría de Salud en la sección de Datos Abiertos. Cuando detecta la fecha del día actual, descarga los datos sobre incidencia de COVID. Los datos son después incorporados a la tabla de atributos de los archivos de municipios y estados del INEGI, y estimaciones de población del 2020 de la CONAPO. Posteriormente, es calculada cada variable que se presenta en la plataforma (Tabla 1).

Estadísticas a nivel nacional

El programa calcula varias estadísticas agregadas a nivel nacional. Las más relevantes son los cambios de las últimas 3 semanas en casos positivos, defunciones y casos recuperados; los casos activos, positivos acumulados y defunciones acumuladas al día de hoy (i.e. de la última actualización de las 20 horas); los casos acumulados y activos estimados en función de la letalidad esperada, y el exceso de mortalidad. Las defunciones acumuladas, y tasas de letalidad y mortalidad se desagregan por edad.

Estadísticas por municipio y estado

El programa calcula 12 estadísticas para cada municipio y cada estado. Suma los casos recuperados netos, los casos activos, las defunciones y los casos acumulados. Calcula las tasas de incidencia, mortalidad, y la letalidad. Para semanas consecutivas, calcula el cambio absoluto de casos positivos, casos hospitalizados, y defunciones por semana, y calcula el cambio en las tasas de incidencia y mortalidad, además del cambio en el porcentaje de positividad.

El programa también calcula cifras de comorbilidades a nivel municipal y estatal. Para cada municipio, calcula el porcentaje de defunciones confirmadas que padecían obesidad, hipertensión, y diabetes. Además, para cada estado, calcula el porcentaje de defunciones que padecía las tres condiciones de manera concurrente, así como el porcentaje de defunciones que no padecían ninguna comorbilidad. También se muestran los porcentajes estatales para tabaquismo, enfermedad cardiovascular e inmunosupresión.

Las tasas de incidencia por municipio y estado que en 2018 ya padecían obesidad, hipertensión y diabetes, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT 2018) se integra con los datos espaciales.

Vecindad

Para cada municipio sin casos activos en el día actual, el programa evalúa si los municipios vecinos tampoco tienen casos activos. De ser así, el municipio se incluye en la lista de aquellos sin casos activos ni vecindad.

Actualización automática

Una vez procesados, los datos son transferidos a AGOL para después ser leídos y desplegados por el Hub de ESRI. Usando el paquete de Python “overwrite-hosted-features,” desarrollado por Esri, el programa sube cada

archivo local en formato de geodatabase a ArcGIS Online y sobrescribe la capa relevante. Las nuevas versiones de los datos se muestran de forma inmediata en la plataforma. Al final del proceso, los datos mostrados en la plataforma se verifican manualmente utilizando como referencia los datos de CentroGeo y CONABIO.

Distribución paralela de los datos

De manera paralela con lo descrito en el inciso anterior, los datos se sincronizan en un servidor adicional: la base de datos e información geoespacial (con la agregación y análisis arriba descritos), así como los análisis solicitados de manera especial por diversas instituciones académicas, medios de comunicación masiva, y particulares. Toda esta información, actualizada diariamente, se encuentra disponible en <https://covid.repounam.org/data/> para su acceso público.

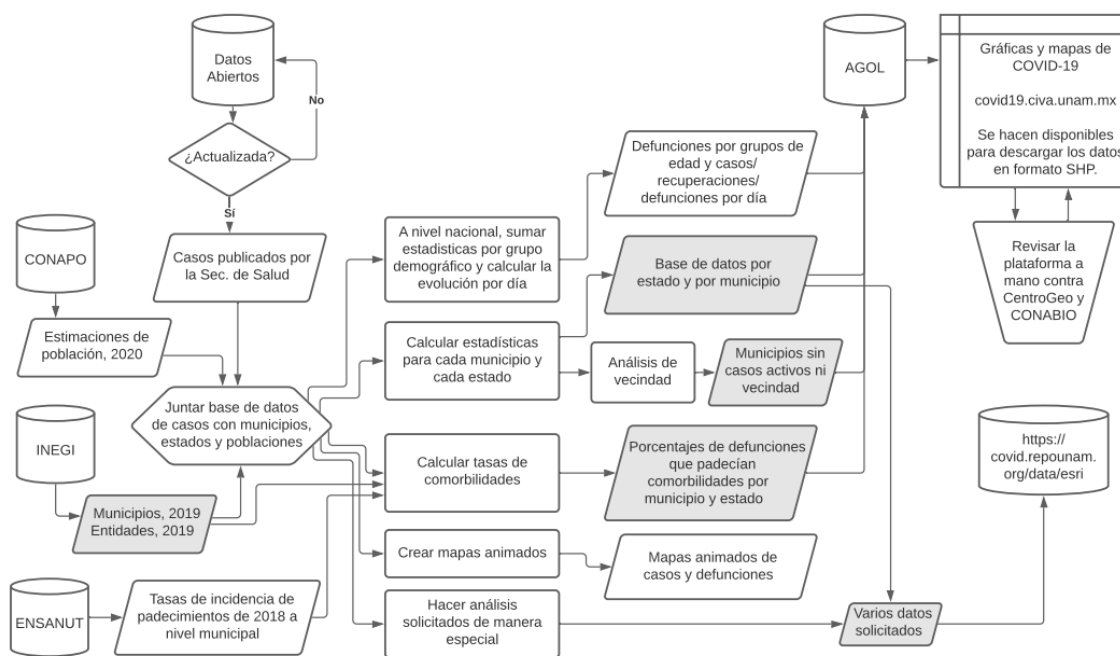


Fig. 1. Diagrama de flujo sobre de cómo funciona el sistema

Artículos

Tabla 1. Definiciones de las variables fundamentales. Se puede notar que las medidas de casos diarios no se consideran las cifras de la última semana por no ser valores definitivos.

Variable	Definición
Casos acumulados	Total de casos con diagnóstico confirmado por laboratorio reconocidos por el Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (InDRE).
Casos activos	Total de casos confirmados al día de hoy, con 14 o menos días desde que iniciaron los síntomas y que no fallecieron.
Casos recuperados	Casos confirmados que después de 14 días de que iniciaron síntomas no fallecieron, y asumiendo que el 80% de los casos confirmados que no fallecen se recupera antes de 14 días, mientras que el 20% restante tarda más tiempo en lograr una recuperación completa.
Casos hospitalizados	Casos confirmados que se encuentran en el hospital el día de hoy.
Defunciones acumuladas	Total de defunciones que cumplen con la definición de caso confirmado.
Casos positivos diarios	El promedio diario de los casos positivos de la penúltima semana.
Casos recuperados diarios	El promedio diario de casos recuperados de la penúltima semana.
Defunciones diarias	El promedio diario de defunciones de la penúltima semana.
Casos recuperados netos	El número de casos recuperados diarios menos los positivos diarios. Un valor positivo significa que se está recuperando más gente de la que se enferma. El valor es el promedio móvil de 7 días.
Tasa de incidencia	Número de casos activos por cada 100,000 habitantes
Mortalidad	Número de defunciones por cada 100,000 habitantes
Letalidad	Número de defunciones por cada 100 casos confirmados. (Porcentaje de casos confirmados que fallecieron.)
Porcentaje de positividad	Porcentaje de casos con prueba diagnóstica que resultaron positivos a SARS-CoV2
Casos acumulados inferidos	Casos acumulados inferidos asumiendo una letalidad real del 0.5 o 1%, y que el total de las muertes por covid19 son registradas. Un subregistro de muertes por covid19 incrementaría este valor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica espacio-temporal de la epidemia

Desde el comienzo de los casos al presente, la dinámica espacio-temporal de la pandemia se despliega según dos grupos de variables: tendenciales, que integran un

componente temporal, y estáticas, que representan el valor acumulado más actual de la base de datos abiertos.

Las variables tendenciales comparan los casos entre la antepenúltima semana y la penúltima, omitiendo la semana más reciente porque los

Artículos

casos se siguen actualizando día con día, i.e. no son definitivos.

Por su parte, las variables estáticas son los datos acumulados en el tiempo. Pese a incluir los valores de la última semana, estos no se contabilizan hasta pasados varios días, a veces semanas (ver la sección 4 - próximo desarrollos). Las cinco variables que muestran los tableros por municipio y por estados son: 1) Dinámica de casos positivos y 2) defunciones diarias: ¿Están aumentando o disminuyendo en tu municipio? 3) Dinámica de casos recuperados "netos": ¿Se está recuperando más gente de la que enferma? 4) Dinámica de hospitalizaciones: De las personas que resultan positivas, ¿está aumentando o disminuyendo la proporción que requieren de hospitalización? 5) Dinámica de

positividad: ¿Está en aumento el porcentaje de pruebas que resultan positivas?

Las diversas variables tendenciales y estáticas nos permiten dilucidar sobre cómo "avanza" la pandemia en México, exclusivamente a escala estatal o municipal. No disponemos de mejor nivel de detalle porque la base de datos abierta no permite conocer los casos por código postal o colonia, pues esta se filtra desde las bases estatales no abiertas al público que tienen mucha más información, incluida la dirección de residencia de cada caso registrado. A nivel municipal, la evolución de la pandemia ha seguido un patrón espacial agregado, en donde los centros urbanos más importantes, las ciudades de frontera y las turísticas, concentran la mayoría de los casos.

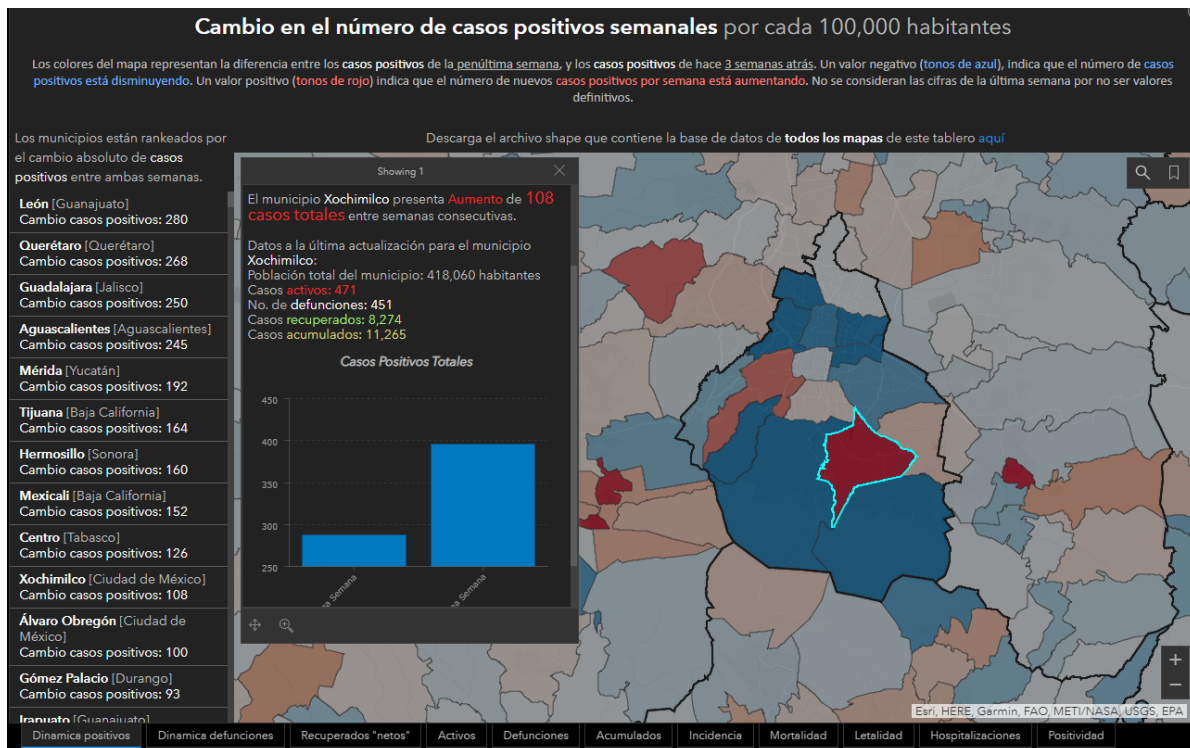


Fig. 2. Cambio en el número de casos positivos semanales por cada 100,000 habitantes

Comorbilidades

Las comorbilidades son padecimientos que coexisten en una persona junto con la enfermedad principal que está siendo objeto de estudio. Las comorbilidades pueden modificar el riesgo de contraer la enfermedad principal, su severidad, complejidad y las complicaciones que esta pudiera acarrear incluyendo el riesgo a morir.

En el caso de COVID-19, las enfermedades cardio-metabólicas fueron las que, desde el inicio de la pandemia, se encontraron con mayor frecuencia en las personas que habían desarrollado una forma severa de COVID (Galvan-Tejada et al. 2020). Ya había evidencia robusta con las epidemias anteriores de otros coronavirus, (SARS en 2003, MERS en 2012 principalmente), de que, padecer diabetes o hipertensión, se asociaba con una mala evolución de la enfermedad por coronavirus y con una mayor mortalidad, además de otros factores, tales como ser hombre o tener edad avanzada (Galvan-Tejada et al. 2020).

Para abril, cuando iniciamos la implementación de la Plataforma, ya estaban apareciendo reportes en la literatura científica que confirmaban que, en China, más de la mitad de los casos severos de COVID-19 tenían una o más comorbilidades, entre las que destacaban hipertensión y enfermedad cardiovascular (Ye et al. 2020). En esas mismas fechas, desde Italia se reportaban las mismas comorbilidades, además de diabetes (Desai et al. 2020, Heffler et al. 2020, Mirani et al. 2020, Novelli et al. 2020). De

Estados Unidos, que apenas iniciaba el franco ascenso en el número de casos y defunciones, se reportaban las mismas, además de obesidad y en algunos estados de ese país tabaquismo, enfermedad renal y asma (Harrison et al. 2020).

Respecto a estos padecimientos, el panorama en salud de la población mexicana no es halagüeño, de manera que consideramos fundamental monitorear la evolución espacio-temporal de las comorbilidades reportadas con mayor frecuencia en las defunciones por COVID-19. Esto, considerábamos, podría alertar a la población con mayor riesgo de tener una evolución grave o desfavorable de la enfermedad. Adicionalmente, creíamos que esa información podría utilizarse en la estimación de la infraestructura hospitalaria que se necesitaría en cada región, pues la prevalencia de estas enfermedades se conocía con resolución estatal, a través de las encuestas de salud nacionales y a nivel municipal a través de los registros de las jurisdicciones sanitarias.

A finales de marzo de 2020, en la conferencia de prensa vespertina, por primera vez, se hicieron públicos, los porcentajes de comorbilidades presentes en las defunciones. Desde el 2 de abril, y con solo 50 defunciones registradas, las tres comorbilidades principales fueron hipertensión, diabetes y obesidad. Hasta la fecha, dichas tres comorbilidades permanecen como las tres principales comorbilidades cada estado de la República Mexicana (ver Figura 3). La cuarta comorbilidad más frecuente varía a nivel estatal.

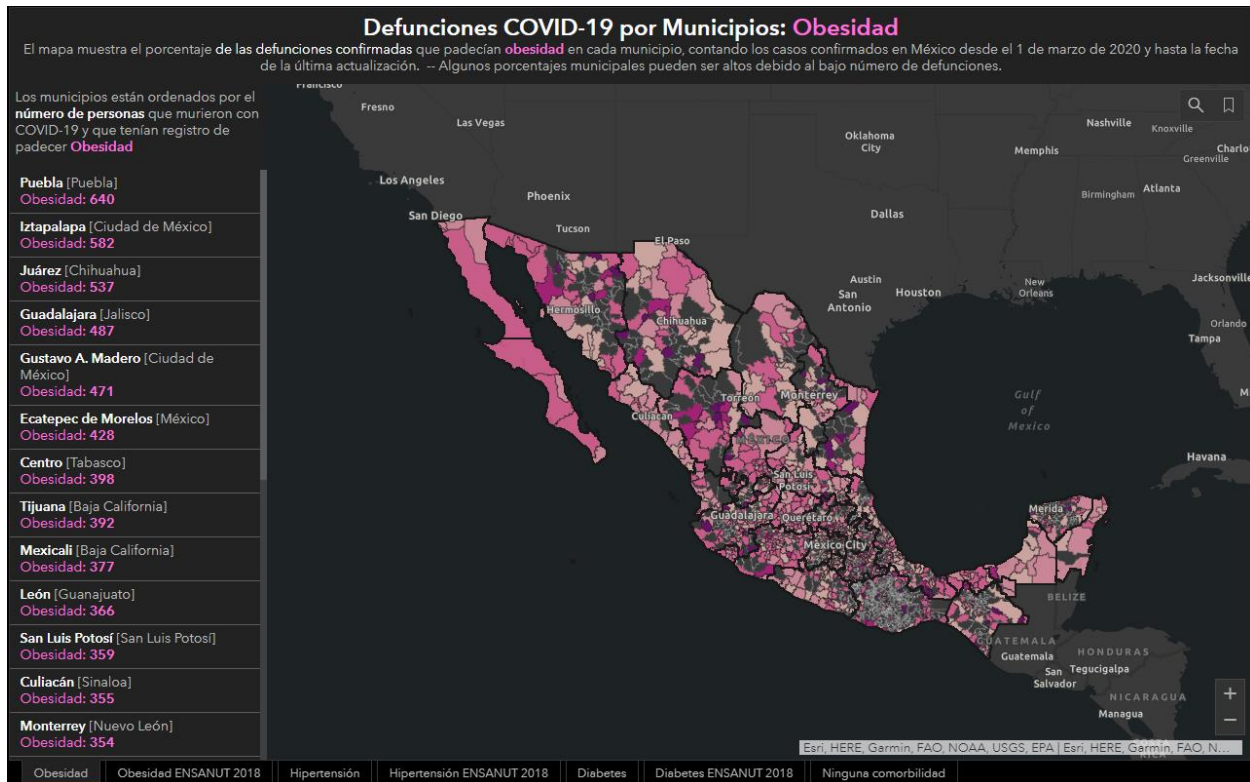


Fig. 3. Porcentaje de las defunciones confirmadas que padecían obesidad en cada municipio.

Tablero de Mexicanos en Estados Unidos (EE.UU.)

Desde el 10 de abril, la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)⁴ publica semanalmente los datos de connacionales fallecidos en EE.UU. por COVID-19, información que es recabada a través de la red consular mexicana en el país vecino. Estos datos los hemos integrado en un tablero con otros indicadores que nos ayudan a contextualizarlos con la evolución de la pandemia en EE. UU. entre sus diferentes estados. Así, junto a la información de SRE, en la plataforma web incorporamos la población mexicana residente

en cada estado norteamericano, lo que nos permite extraer la tasa de mortalidad por cada 100,000 ciudadanos mexicanos. Incorporamos también los datos totales de contagios y defunciones en EE.UU.⁵, con lo que extraemos el porcentaje de población mexicana respecto del total de fallecidos en cada estado. Por último, para profundizar en la contextualización de los casos de connacionales, agregamos los datos de población hispana contagiada y fallecida en EE. UU.⁶, lo que nuevamente nos permite arrojar el porcentaje de lo que representa las defunciones mexicanas respecto a este sector de la población estadounidense.

⁴ <https://www.gob.mx/sre/es/#2342>

⁵ https://covid.cdc.gov/covid-data-tracker/?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fcases-

updates%2Fcases-in-us.html#cases_casesper100klast7days

⁶ <https://covidtracking.com/race/dashboard>

Los últimos datos publicados por SRE (26 de octubre de 2020) informan que 2.670 mexicanos han fallecido en los Estados Unidos por COVID-19, siendo Nueva York (778) y California (642) las dos entidades con mayor número (juntos representan el 53%). Respecto al total de fallecidos en EE.UU., 225.309 en la misma fecha, los 2.670 mexicanos representan el 1.2%.

Ese 1.2%, por otra parte, y atendiendo al número de habitantes nacidos en México pero residentes en EE.UU., que suponen el 3.75% según el Consejo Nacional de Población (CONAPO)⁷, podemos considerarlo como una cifra significativamente baja, registrando los indicadores más elevados en Wisconsin (3.8%) y California (3.7%). En cambio, en relación a la tasa de mortalidad de mexicanos por cada 100.000 connacionales residentes en el país vecino, comprobamos que es en Washington D.C. donde se obtiene el dato más conspicuo, con 1343 fallecidos por cada 100,000 mexicanos.

Respecto al total de la población hispana fallecida, los datos de SRE suponen un 6%, con las proporciones más elevadas en los estados de Minnesota (40.3% respecto a la comunidad hispana) y Wisconsin (38.4%).

Impacto de la plataforma

La plataforma resulta ampliamente conocida en México y en el extranjero, contando

a finales de septiembre con más de dos millones de visitas. Se encuentra consolidada como una fuente de consulta para organismos gubernamentales y de la sociedad civil, medios de comunicación y ciudadanos⁸. Aun cuando la información se puede revisar también en otras plataformas, o en los datos abiertos que publica el Gobierno de México, la retroalimentación por parte de los usuarios ha permitido identificar que, el carácter universitario de este desarrollo, otorga un grado de confianza que es relevante para muchos ciudadanos interesados en informarse y realizar un seguimiento espacio-temporal de los casos. Para actores tanto ciudadanos como institucionales, también les es de gran utilidad, la convergencia y accesibilidad de módulos, visualizaciones, capas y funcionalidades específicas.

Prueba de ello es que numerosos usuarios de ha puesto en contacto con el equipo de trabajo para solicitar información procesada bajo criterios particulares, e incluso, generar desarrollos específicos. En el mismo sentido, es remarcable que distintos medios de comunicación publican notas, ya no sobre la plataforma, sino que también sobre el resultado de consultas que realizaron en ella, o bien de un análisis posterior que desarrollan con base en dicha información⁹.

⁷ <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>

⁸ e.g. <https://www.dallasnews.com/espanol/al-dia/mexico/2020/04/15/unam-lanza-plataforma-para-ver-cuantos-casos-de-covid-19-hay-en-cada-estado-de-mexico/>

e.g. <https://www.youtube.com/watch?v=QJ-lhbo6jYE>

⁹ e.g. <https://vanguardia.com.mx/articulo/coahuila-en-top-por-alza-de-covid-19>
<https://www.noticiasdelsoldelalaguna.com.mx/local/coahuila-estado-con-mas-muertes-de-personas-sin-comorbilidades-6022401.html>

Artículos

3.5 Difusión en medios

A fin de comunicar la utilidad y capacidades de la plataforma, se desarrolló una intensa campaña de difusión que comprendió gira de medios, comunicados de prensa, entrevistas con el equipo de trabajo. Estrategias estas que fueron apoyadas desde la Coordinación de la Investigación Científica y la Dirección General de Comunicación Social de la UNAM, y que derivó en más de un centenar de notas, reportajes, entrevistas, menciones y otros formatos en medios impresos, audiovisuales y

electrónicos, con alcance regional, nacional e internacional.

Destacan las menciones, notas y reportajes aparecidas en medios como la Cadena Global de Televisión de China, The Dallas Morning News, Milenio, El Financiero, El Economista, MVS Noticias, El Herald de México, La Jornada, Grupo Fórmula, IMER Noticias, López Dóriga Digital, Imagen Radio, Radio Educación, Reforma, El Sol de México, ADN40, Capital México, W Radio, Sin Embargo, La Octava, Eje Central, Animal Político, TV UNAM, Radio UNAM, entre otros.

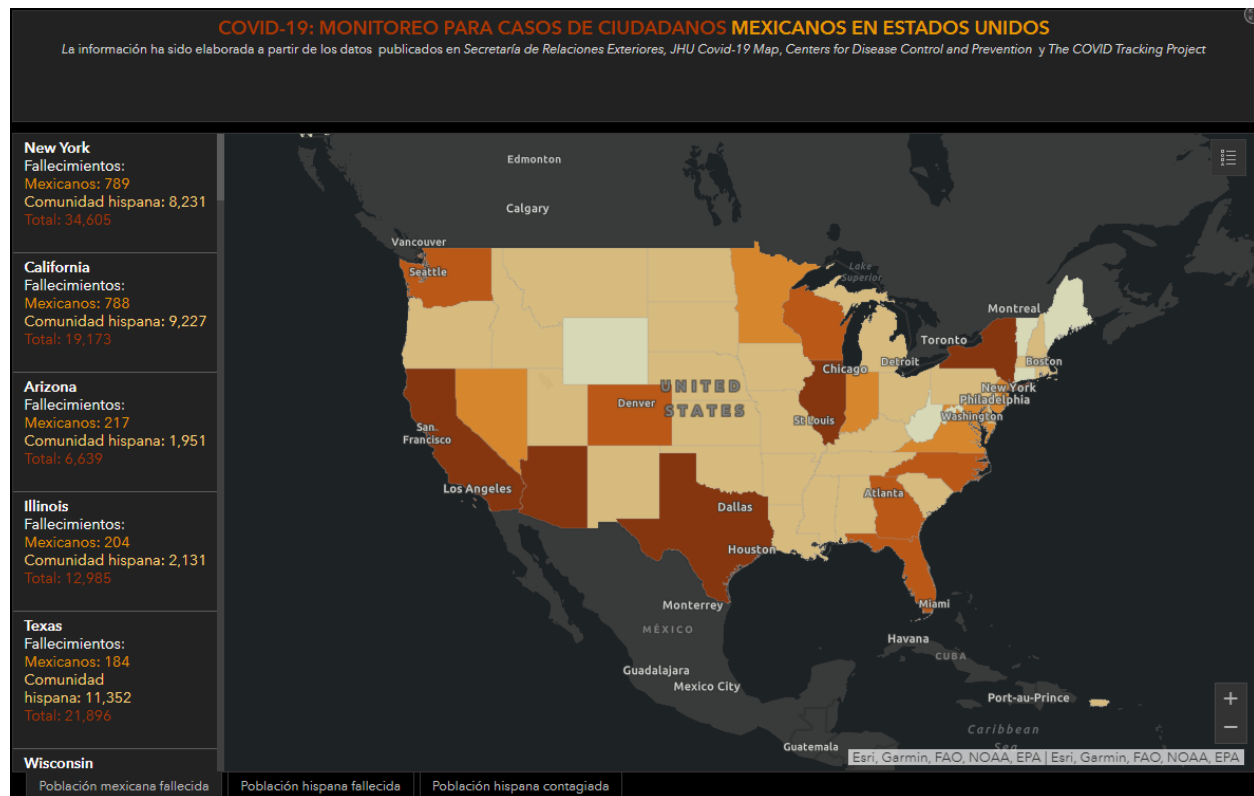


Fig. 4. Monitoreo para casos de ciudadanos mexicanos en Estados Unidos

https://www.zocalo.com.mx/new_site/articulo/por-primera-vez-supera-cifra-de-recuperados-a-la-de-nuevos-contagios-de-cov

Próximos desarrollos

Existen dos problemas principales con el tablero de la UNAM y que comparten las otras plataformas disponibles para México con cobertura nacional: el retraso en los registros y la resolución espacial de la base de datos abiertos.

Estimación de casos al tiempo presente (nowcasting)

Nos referimos al retraso en el registro de los casos en las bases de datos estatales que completan los hospitales notificantes, y que luego se filtra e integra en la base de datos abiertos. Aunque en nuestra plataforma asumimos que es sólo la última semana la que no cuenta con valores definitivos, en realidad los datos no están consolidados en su totalidad hasta dos meses después. Esto representa un problema para las variables tendenciales, porque la penúltima semana tiene menos casos que la antepenúltima simplemente por este retraso, lo que se traduce en una tendencia artificial a la baja. Esto ocurre con todos los análisis en México, y es, a nuestro modo de ver, un problema que habría que solucionar si se quiere tener tendencias certeras en tiempo cuasi real.

Una manera de abordar el problema es evaluando cómo se fueron integrando los casos en los meses pasados, a fin de cuantificar este retraso en el pasado y poder compensarlo en el presente. No es una tarea sencilla y asume, además, que el patrón de retraso es constante en el tiempo. En México existen dos desarrollos relevantes de mencionar que utilizan la técnica de nowcasting, ambos del Instituto Politécnico Nacional: <https://arxiv.org/abs/2007.09800> y

<https://www.monterrey.cinvestav.mx/msantillan/Coronavirus>

Con respecto a la plataforma COVID-19 de la UNAM, sería de suma utilidad comparar las tendencias entre el número reproductivo básico (R_0) usando nowcasting, con las variables tendenciales sin nowcasting, para cuantificar el sesgo que provoca el retraso a nivel municipal.

4.2 Desagregación espacial

Como hemos mencionado más arriba, los datos abiertos que pone a disposición la Secretaría de Salud del Gobierno de México se encuentran por municipio, una unidad cuya resolución espacial es insuficiente para poder proponer recomendaciones precisas dirigidas a los puntos calientes donde se encuentran los casos activos (e.g. restringir la movilidad). Nosotros consideramos que es una estrategia incorrecta no presentar los datos por código postal o colonia para todo el país. Esto se debe en parte a que no es trivial geolocalizar las direcciones de los casos particulares, porque contienen toda una variedad gigantesca de errores. Tales errores se deben depurar para que algunas de las direcciones mal capturadas o con información faltante o contradictoria, puedan ser geolocalizados a nivel de código postal y/o colonia.

En nuestro caso particular, hemos venido solicitando la información de las bases correspondientes desde el mes de mayo, sin recibir respuesta alguna por la Secretaría de Salud del Gobierno de México. Sin embargo, en el mes de Septiembre de 2020 la Secretaría de Salud de Baja California se enteró fortuitamente de nuestros esfuerzos y nos comenzó a

compartir diariamente la base de datos actualizada para el Estado de Baja California. Luego de mucho esfuerzo de programación, logramos geolocalizar exitosamente hasta el 80% de los casos por código postal y por colonia. Con esta información, la Secretaría de Salud de Baja California está desarrollando una estrategia de comunicación y de trabajo en campo para romper cadenas de transmisión, y validar el éxito (o no) contra la estrategia pasada con la información a nivel municipal (Casos por código postal: <https://arcg.is/0r1CDb>; Casos por colonia: <https://arcg.is/1OXanS>).

CONCLUSIONES

¿Cuál debería ser el rol de este tipo de herramientas geoespaciales para contener una epidemia (evitar contagios básicamente), y salvar vidas, sin por ello ahorcar simultáneamente las actividades económicas de un enorme sector de la población?

En primer lugar, se requiere disponer de la información a la mejor resolución espacial posible. Esto permite intervenciones mucho más precisas y que probablemente tienen más probabilidades de cortar cadenas de contagio, más aún si se usan en conjunto con una estrategia de trabajo en campo. La información espacial agregada, aun a nivel municipal, es hasta cierto punto anecdótica. Si bien sirve para informar a la población general, no tiene casi impacto en la contención de la epidemia, como ha pasado con todos los tableros con cobertura nacional de México, incluido el oficial de CONACYT y CentroGeo. México cuenta con la

información de los casos a nivel de la dirección postal de residencia, pero, salvo algunas excepciones (notablemente el caso de la ciudad de México), la información no se hace pública, ni siquiera luego de filtrar todo lo que podría considerarse de carácter sensible.

Es muy relevante mencionar a este respecto que los datos espaciales siempre estarán “incompletos”, es decir, son una muestra: las pruebas son muy incompletas porque no todas las direcciones de residencia se pueden geolocalizar, o inclusive por los retrasos en los registros. El punto esencial es que, si se asume que esta “muestra” no tiene un sesgo espacial significativo, es decir que los casos no registrados se distribuyen de manera más o menos homogénea en el espacio, entonces el resultado no pierde utilidad. En otras palabras, se busca entender en dónde están concentrados la mayoría de casos activos y en dónde están aumentando más rápidamente, conscientes de que el valor representado es una fracción del total de casos reales.

Hay otras dos estrategias geoespaciales que pueden tener mucha utilidad práctica para pandemias futuras. La primera son los sistemas de caso-contacto (*contact-tracing*), que luego de miles de millones de dólares de inversión siguen siendo imprácticos e ineficientes¹⁰. De ninguna manera son inservibles, todo lo contrario, sólo que se requiere de más tiempo para refinarlos para que comiencen a funcionar y puedan ser eventualmente adoptados a nivel planetario.

La otra estrategia son los modelos de diseminación a posteriori, es decir, calibrar

¹⁰ e.g. <https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-britain-testing/uk-testing-error-wrongly->

[tells-1300-people-they-have-coronavirus-idUKKBN2880CV](https://www.reuters.com/article/us-health-coronavirus-britain-testing/uk-testing-error-wrongly-tells-1300-people-they-have-coronavirus-idUKKBN2880CV)

modelos de dispersión geográfica de la enfermedad en función de los datos pasados, y evaluando un conjunto de variables explicativas espaciales (e.g. Franch-Pardo et al. 2020, Verhagen et al. 2020). Notar que esto es muy diferente a los modelos epidemiológicos tipo SIR. Los modelos de diseminación calibrados que resultan en validaciones robustas son útiles para predecir cómo avanzará una epidemia en un contexto geográfico particular (no son extrapolables a otras regiones o países), sobre todo al comienzo de la misma, cuando aún no está extendida por todo el territorio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México (SECTEI) por las ricas discusiones semanales sobre nowcasting y modelos epidemiológicos. Este artículo fue en parte financiado por el proyecto PAPIIT IV100520.

BIBLIOGRAFÍA

Boulos, M. K. N., and E. M. Geraghty. 2020. Geographical tracking and mapping of coronavirus disease COVID-19/severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic and associated events around the world: how 21st century GIS technologies are supporting the global fight against outbreaks and epidemics. *Int J Health Geogr* **19**.

Cuadros, D. F., Y. Y. Xiao, Z. Mukandavire, E. Correa-Agudelo, A. Hernandez, H. Kim, and N. J. MacKinnon. 2020. Spatiotemporal transmission dynamics

of the COVID-19 pandemic and its impact on critical healthcare capacity. *Health & Place* **64**.

- Chande, A., S. Lee, M. Harris, T. Hilley, C. Andris, and J. S. Weitz. 2020. Real-time, interactive website for US-county level Covid-19 event risk assessment. medRxiv.
- Desai, A., G. Voza, S. Paiardi, F. I. Teofilo, G. Caltagirone, M. R. Pons, M. Aloise, M. Kogan, T. Tommasini, V. Savevski, G. Stefanini, C. Angelini, M. Ciccarelli, S. Badalamenti, A. L. De Nalda, A. Aghemo, M. Cecconi, F. Martinelli Boneschi, A. Voza, and C.-t. f. Humanitas. 2020. The role of anti-hypertensive treatment, comorbidities and early introduction of LMWH in the setting of COVID-19: A retrospective, observational study in Northern Italy. *Int J Cardiol*.
- Dong, E., H. Du, and L. Gardner. 2020. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *Lancet Infect Dis* **20**:533-534.
- Everts, J. 2020. The dashboard pandemic. *Dialogues in Human Geography* **10**:260-264.
- Florez, H., and S. Singh. 2020. Online dashboard and data analysis approach for assessing COVID-19 case and death data. *F1000Res* **9**:570.
- Franch-Pardo, I., B. M. Napoletano, F. Rosete-Verges, and L. Billa. 2020. Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. *Science of the Total Environment* **739**.

- Galvan-Tejada, C. E., L. A. Zanella-Calzada, K. E. Villagrana-Banuelos, A. Moreno-Baez, H. Luna-Garcia, J. M. Celaya-Padilla, J. I. Galvan-Tejada, and H. Gamboa-Rosales. 2020. Demographic and Comorbidities Data Description of Population in Mexico with SARS-CoV-2 Infected Patients(COVID19): An Online Tool Analysis. *Int J Environ Res Public Health* **17**.
- Harrison, S. L., E. Fazio-Eynullayeva, D. A. Lane, P. Underhill, and G. Y. H. Lip. 2020. Comorbidities associated with mortality in 31,461 adults with COVID-19 in the United States: A federated electronic medical record analysis. *PLoS Med* **17**:e1003321.
- Heffler, E., A. Detoraki, M. Contoli, A. Papi, G. Paoletti, G. Malipiero, L. Brussino, C. Crimi, D. Morrone, M. Padovani, G. Guida, A. G. Gerli, S. Centanni, G. Senna, P. Paggiaro, F. Blasi, G. W. Canonica, and S. W. Group. 2020. COVID-19 in Severe Asthma Network in Italy (SANI) patients: Clinical features, impact of comorbidities and treatments. *Allergy*.
- Mirani, M., G. Favacchio, F. Carrone, N. Betella, E. Biamonte, E. Morengi, G. Mazziotti, and A. G. Lania. 2020. Impact of Comorbidities and Glycemia at Admission and Dipeptidyl Peptidase 4 Inhibitors in Patients With Type 2 Diabetes With COVID-19: A Case Series From an Academic Hospital in Lombardy, Italy. *Diabetes Care* **43**:3042-3049.
- Novelli, L., F. Raimondi, A. Ghirardi, D. Pellegrini, D. Capodanno, G. Sotgiu, G. Guagliumi, M. Senni, F. M. Russo, F. L. Lorini, M. Rizzi, T. Barbui, A. Rambaldi, R. Cosentini, L. S. Grazioli, G. Marchesi, G. F. Sferrazza Papa, S. Cesa, M. Colledan, R. Civiletti, C. Conti, M. Casati, F. Ferri, S. Camagni, M. Sessa, A. Masciulli, A. Gavazzi, A. Falanga, L. F. Da Pozzo, S. Buoro, G. Remuzzi, P. Ruggenenti, A. Callegaro, L. D'Antiga, L. Pasulo, F. Pezzoli, A. Gianatti, P. Parigi, C. Farina, A. Bellasi, P. Solidoro, S. Sironi, F. Di Marco, S. Fagioli, and H. P. G. C.-S. Group. 2020. At the peak of Covid-19 age and disease severity but not comorbidities are predictors of mortality. Covid-19 burden in Bergamo, Italy. *Panminerva Med*.
- Paszto, V., J. Burian, and K. Macku. 2020. COVID-19 data sources: evaluation of map applications and analysis of behavior changes in Europe's population. *Geografie* **125**:171-209.
- Verhagen, M. D., D. M. Brazel, J. B. Dowd, I. Kashnitsky, and M. C. Mills. 2020. Forecasting spatial, socioeconomic and demographic variation in COVID-19 health care demand in England and Wales. *BMC Med* **18**:203.
- Ye, C., S. Zhang, X. Zhang, H. Cai, J. Gu, J. Lian, Y. Lu, H. Jia, J. Hu, C. Jin, G. Yu, Y. Zhang, J. Sheng, and Y. Yang. 2020. Impact of comorbidities on patients with COVID-19: A large retrospective study in Zhejiang, China. *J Med Virol*.