



Secretaría
de Salud Pública

PROYECTO CONACYT

UNISON COVID-19: COMPORTAMIENTO DEL BROTE EPIDÉMICO
COVID-19 EN SONORA, BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE CONTROL

Escenarios Dinámica COVID-19: Sonora

Equipo de Biomatemáticas:

Manuel Adrian Acuña Zegarra
Daniel Olmos Liceaga
Gudelia Figueroa Preciado
José Arturo Montoya Laos
Pablo Reyes Castro
Mayra Rosalia Tocto Erazo
Jorge Alberto Espíndola Zepeda
Víctor Ariel Noriega Ortíz

Aarón Lara Ordoñez (Soporte técnico)

27 de noviembre de 2020



Índice

1. Presentación	4
2. Antecedentes	4
3. Uso del software	5
4. Acerca de los parámetros del modelo	7
5. Algunas observaciones	9
Bibliografía	10

Índice de figuras

1.	Seleccionador visual del municipio a estudiar.	5
2.	Escenarios de Simulación.	6
3.	Escenarios de Simulación: selección de municipios.	6
4.	Selección de valores de los parámetros.	7
5.	Ejemplo de algunos parámetros empleados en el modelo.	8

1. Presentación

El presente documento es un manual de apoyo para el uso de un software empleado para la exploración de escenarios de la dinámica de transmisión de COVID-19 de algunos municipios en el Estado de Sonora.

Para el estudio de dichos escenarios, se contemplan los municipios del estado de Sonora donde se tuvo una mayor incidencia de casos. En cada uno de los municipios, se considerará un número fijo de habitantes correspondientes al año 2020 [1]. Asimismo, los datos que aparecen en cada uno de los municipios a trabajar, fueron tomados de la base de datos de la dirección general de epidemiología [2].

Los escenarios computacionales para este trabajo son una extensión del modelo matemático presentado en el artículo intitulado "Lockdown, relaxation, and acme period in COVID-19: A study of disease dynamics in Hermosillo, Sonora, Mexico"[3], realizado por investigadores del departamento de Matemáticas de la Universidad de Sonora y del Colegio de Sonora, y formalmente aceptado para publicación en PLOS ONE. Este trabajo se llevó a cabo dentro del proyecto CONACyT No. 313269: "UNISON_COVID-19: comportamiento del brote epidémico COVID-19 en Sonora, bajo diferentes escenarios de control" de la Convocatoria para proyectos de acceso universal al conocimiento ante la emergencia COVID-19.

Es importante mencionar que los resultados que se obtengan en esta aplicación no tienen un carácter predictivo. Su objetivo es la exploración de escenarios que sirvan como apoyo para valorar el efecto de cambios de conducta en la población la agresividad de contagio, así como la pérdida de inmunidad a diferentes periodos de tiempo, entre otros. Todo esto se puede abordar a través de la variación de los valores de algunos parámetros.

2. Antecedentes

A finales de noviembre del 2020, la enfermedad de COVID-19 sigue siendo catalogada como una pandemia, ocasionando más de 60 millones de casos y alrededor de 1 400 000 muertes alrededor del mundo. Esta enfermedad es causada por el coronavirus SARS-CoV-2, el cual fue identificado por primera vez a finales del 2019 en la ciudad de Wuhan, China. Tras su detección se dio un proceso rápido de propagación, y a finales de febrero del 2020 se habían reportado más de 85 000 personas en todo el mundo. México reportó su primer caso a finales del mismo mes y aproximadamente un mes después (23 de marzo) se instauraron las primeras medidas no farmacéuticas para controlar la enfermedad. Sin embargo, no todos los estados de la república mexicana implementaron las medidas de distanciamiento social al mismo tiempo. Es así que con el objetivo de prever un impacto mayor en la magnitud del inevitable brote epidémico, en el estado de Sonora se implementaron las medidas de mitigación el 16 de marzo del 2020, es decir, una semana antes de lo dictado por el gobierno federal. Es ahí en donde la Secretaría de Salud del Estado de Sonora, a través de la Universidad de Sonora, solicita al equipo de biomatemáticas de la misma universidad, el planteamiento de un modelo matemático que considere las características que se estaban dando en la región, con el objetivo de explorar los diferentes escenarios de propagación de la enfermedad que podían ocurrir en el estado. Como consecuencia de esta solicitud inicial se formuló un modelo que ha ido evolucionando conforme las necesidades y realidad de la región, el cual considera, además del proceso de distanciamiento social, un proceso de quebrantamiento de estas medidas, entre otras características. La presente

aplicación considera, además del municipio de Hermosillo, los municipios de Caborca, Cajeme, Cananea, Guaymas, Huatabampo, Magdalena, Navojoa, Nogales, Puerto Peñasco, San Luis Río Colorado y Agua Prieta.

3. Uso del software

El acceso a la aplicación se da a través del siguiente enlace

<https://unison-mat-covid.shinyapps.io/covid19/>

En dicha página se muestra inicialmente un mapa del Estado de Sonora, resaltando los municipios sobre los cuales se pueden generar los distintos escenarios computacionales.

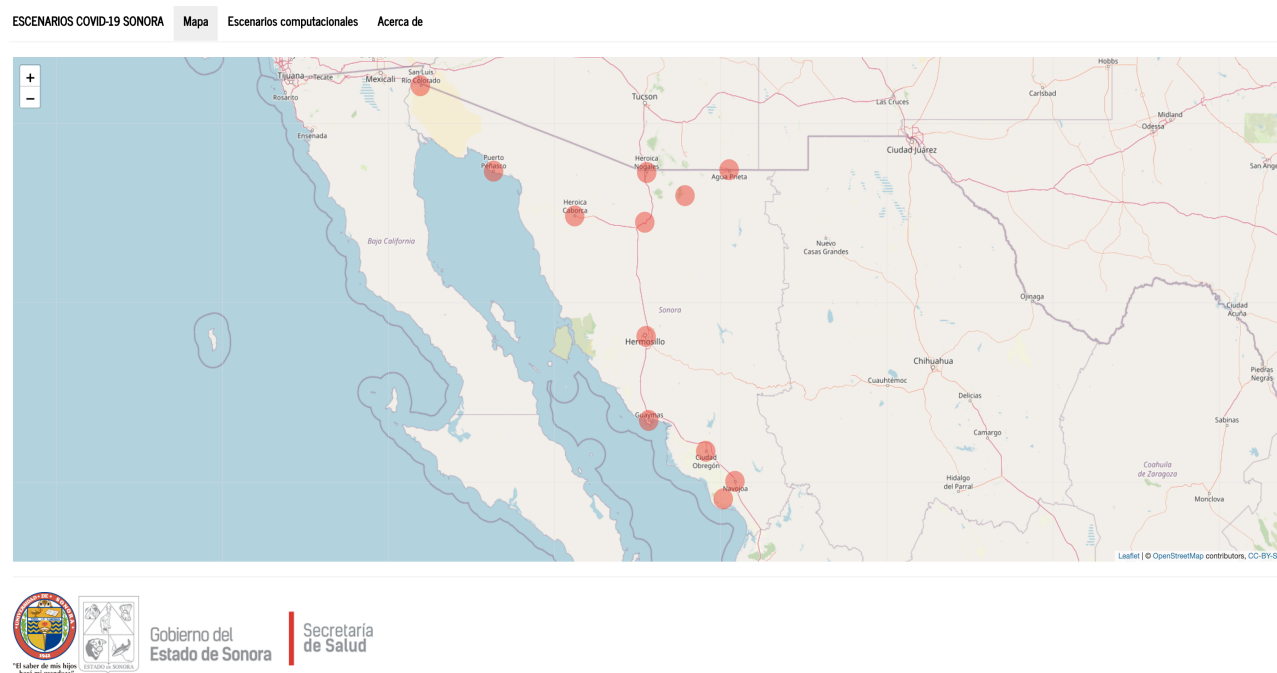


Figura 1: Seleccionador visual del municipio a estudiar.

Para seleccionar un municipio de interés, se tienen dos opciones:

1. Presionar sobre su círculo correspondiente en el mapa mostrado en la Figura 1, tras lo cual se da click en la opción actualizar, o bien
2. Ingresar a la pestaña **Escenarios computacionales** en la parte superior izquierda del entorno gráfico de la Figura 1. Una vez dentro de esta pestaña es posible desplegar la lista de municipios para su selección, como se muestra en las Figuras 2 y 3.

Una vez dentro de la sección de escenarios computacionales, se observan cuatro gráficas relacionadas con COVID-19 que corresponden a:

- **Casos diarios.** Son los casos diarios de individuos infectados, reportados en algún centro de salud del Estado de Sonora.

ESCENARIOS COVID-19 SONORA Mapa Escenarios computacionales Acerca de

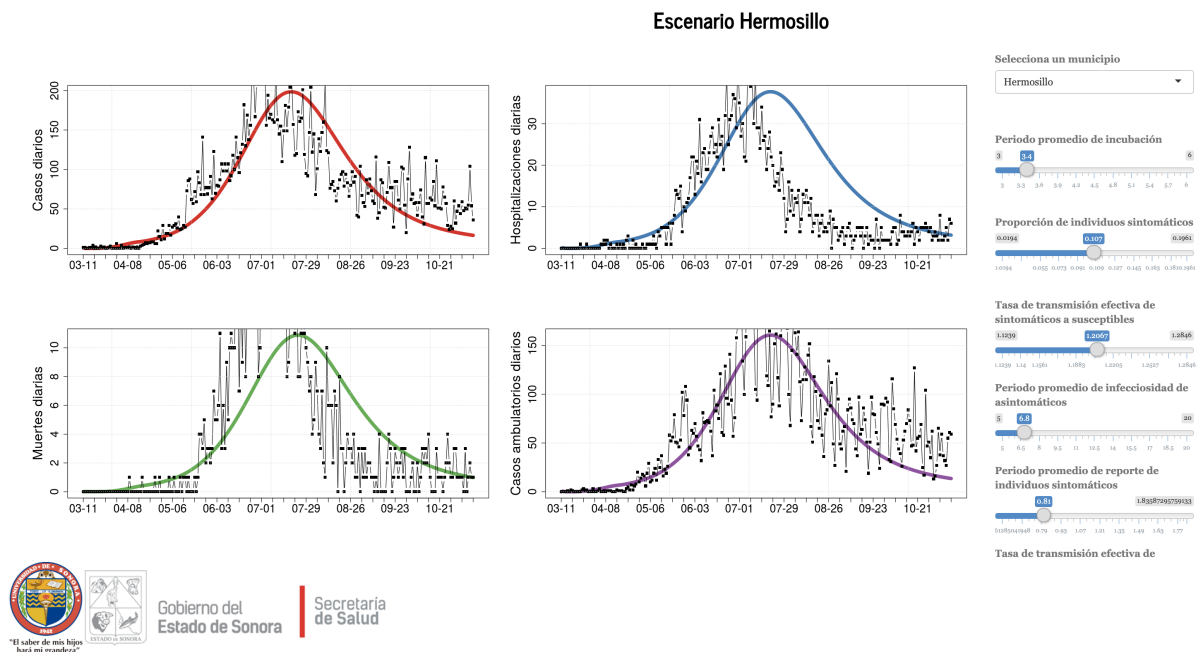


Figura 2: Escenarios de Simulación.

ESCENARIOS COVID-19 SONORA Mapa Escenarios computacionales Acerca de

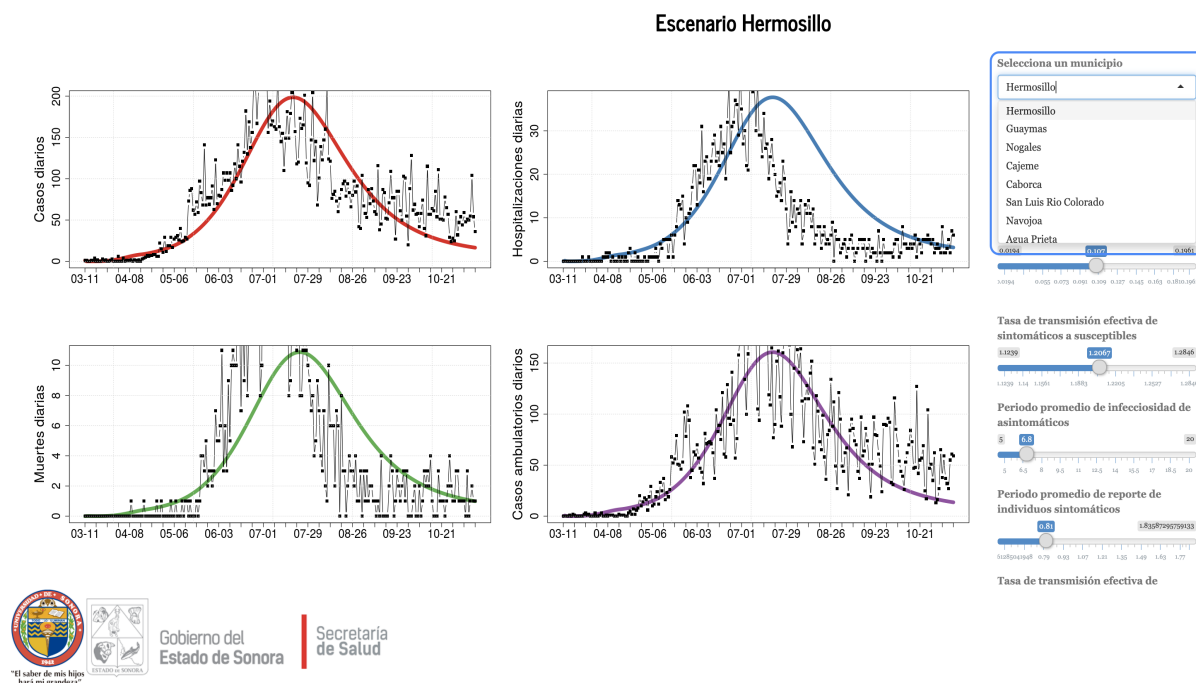


Figura 3: Escenarios de Simulación: selección de municipios.

- **Hospitalizaciones diarias.** Representan el número de personas que ingresan diariamente a un hospital debido a la severidad de sus síntomas.

- **Muertes diarias.** Es el número de individuos que se reportan fallecidos, debido a COVID-19.
- **Casos ambulatorios diarios.** Son los casos diarios reportados en un centro de salud, que no ingresan a hospitalización por diversas causas (síntomas leves a moderados, saturación de hospitales, decisión propia, etcétera).

En todas las gráficas, se incluyen los datos reales (observados) correspondientes a la clase de interés, así como la aproximación a dichos datos mediante la solución obtenida por un modelo matemático, resuelto de forma computacional. La solución mostrada inicialmente parte de ciertos valores que se asignan a los parámetros del modelo, de forma predeterminada. Por ello, es posible cambiar esta solución mediante la asignación de diferentes valores a estos parámetros, lo cual puede realizarse en el control de parámetros que se muestra a la derecha de estas gráficas, tal como se resalta en la Figura 4. De esta manera, es posible manipular valores como los tiempos de aislamiento, tasas de contagio, tasa de recuperación de asintomáticos, etcétera, mediante su correspondiente control. Nótese que tan sólo basta un par de segundos para que la computadora genere el nuevo escenario, que surge a partir de los valores seleccionados para los parámetros.

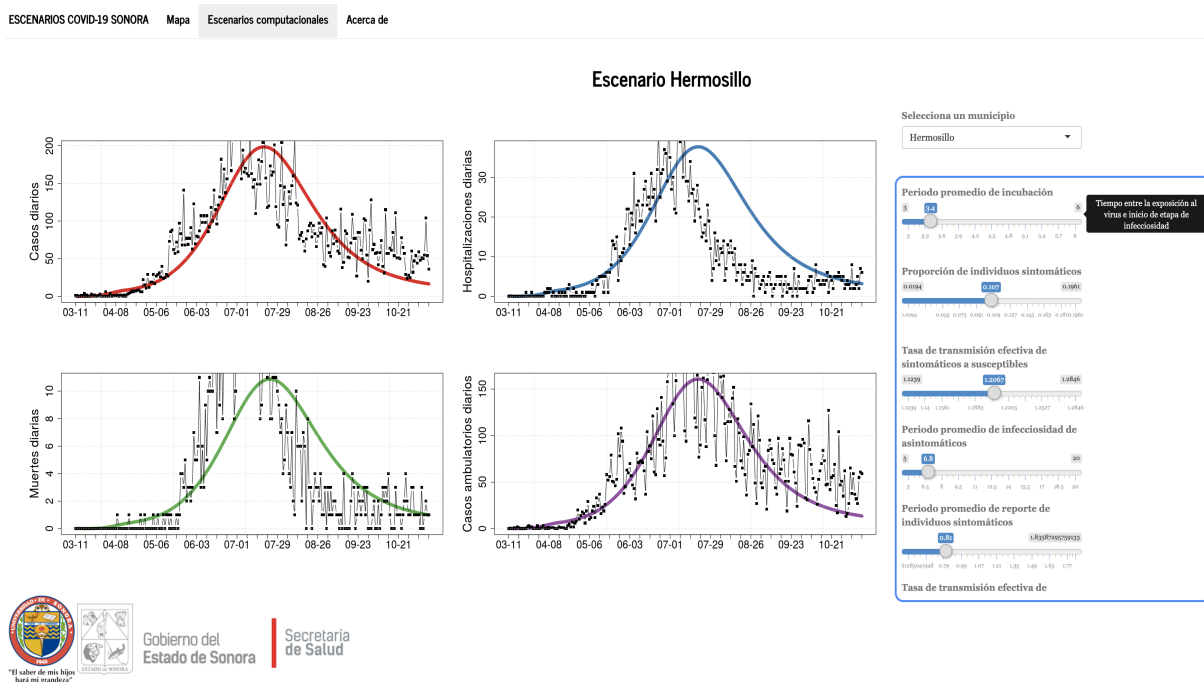


Figura 4: Selección de valores de los parámetros.

4. Acerca de los parámetros del modelo

Es importante mencionar que los parámetros empleados en la presente aplicación están relacionados con los parámetros del modelo desarrollado en el artículo [3], con la diferencia de que para un mejor entendimiento se hicieron ligeras modificaciones en cada uno de ellos. Los valores correspondientes se encuentran en la escala de días. Por defecto, los parámetros preestablecidos para cada municipio son los valores de la mediana del Escenario 1, del artículo

antes mencionado. Ahora, con el objetivo de que estas definiciones estén claras y a la vista del usuario final, al pasar el cursor por encima de cada parámetro se despliega su interpretación biológica (ver Figura 5).



Figura 5: Ejemplo de algunos parámetros empleados en el modelo.

Una característica importante de esta enfermedad es la implementación de medidas de distanciamiento social, lo cual, como se mencionó antes, busca reducir la intensidad del brote epidémico. Por este motivo, la presente aplicación considera la posibilidad de modificar las fechas relacionadas a la implementación de las medidas de distanciamiento social. Dos fenómenos importantes se consideran en esta aplicación:

- i) Implementación del periodo de confinamiento.
- ii) Retorno parcial a las actividades cotidianas.

Para cada uno de estos fenómenos es posible asignar el porcentaje de la población que llevan a cabo dicha acción, y también establecer diferentes periodos para obtener los porcentajes deseados. Todo esto se hace con el objetivo de explorar el efecto de implementar estas acciones en diferentes tiempos.

5. Algunas observaciones

1. Este software está en su versión 1.0 y puede incluir futuras adaptaciones, dependiendo de las observaciones que se reciban de la Secretaría de Salud. Es claro que el dar seguimiento a la pandemia de COVID-19 permitirá implementar modificaciones que ajusten a la realidad del momento y de esta manera lograr un mayor entendimiento de la relevancia que cada uno de los parámetros tiene en la dinámica de la enfermedad.
2. La utilidad de esta aplicación no se encuentra en la línea de predicciones, sino en generar posibles escenarios basados en diferentes configuraciones de parámetros y estrategias de mitigación para poder tener un mejor entendimiento de la dinámica de transmisión para diferentes municipios del Estado de Sonora.
3. La presente aplicación puede ser usada para otras enfermedades. Por ejemplo, para enfermedades con características similares al COVID-19 (SARS, MERS, Influenza, etc), es posible emplear la presente metodología y en consecuencia, esta aplicación, para explorar diferentes escenarios de interés. Por otro lado, si la enfermedad de interés posee diferentes características de transmisión, o presencia de otras dinámicas involucradas en el proceso de propagación, se puede extender para su respectivo estudio.

Bibliografía

- [1] Consejo Nacional de Población (CONAPO), *Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015-2030*, 2020 (accessed November 27, 2020).
- [2] Gobierno de México, *Datos Abiertos*, 2020 (accessed November 27, 2020).
- [3] M. Tocto-Erazo, J. A. Espíndola-Zepeda, J. A. Montoya-Laos, M. A. Acuña-Zegarra, D. Olmos-Liceaga, P. A. Reyes-Castro y G. Figueroa-Preciado, «Lockdown, relaxation, and ACME period in COVID-19: A study of disease dynamics in Hermosillo, Sonora, Mexico,» *medRxiv*, 2020. DOI: [10.1101/2020.08.20.20178509](https://doi.org/10.1101/2020.08.20.20178509).