



## Actualización del panorama epidemiológico del COVID-19 en Jalisco: Georreferenciación y presentación del modelo REPLICA

**Autor:** Sala de Situación en Salud de la Universidad de Guadalajara ante la Pandemia por COVID-19.



# 1. Introducción

Los modelos epidemiológicos deben incorporar aspectos sobre la naturaleza de las enfermedades que representan, así como de la población a la que describen.

El presente informe expone las estimaciones de movilidad e incremento en el número de casos en Jalisco con base en el modelo SEIR descrito desde el reporte No. 3, titulado Actualización del modelo para estimar el incremento de casos de COVID-19 en Jalisco: Proyección a 30 días (<https://sites.google.com/administrativos.udg.mx/cucs-covid-19/p%C3%A1gina-principal/sala-de-situaci%C3%B3n-covid-19>). Asimismo, detalla la georreferenciación de los casos confirmados de COVID-19 al 01 de mayo de 2020.

Por otra parte, se presenta un nuevo modelo denominado "REPLICA", el cual deriva del acrónimo REPresentación metropoLItana de Contagio y reAcción.

Este nuevo modelo (implementado por Noel Gutiérrez Brizuela, *University of California*, San Diego), surge de la colaboración del Grupo de Análisis de la Sala de Situación de la Universidad de Guadalajara con epidemiólogos de *Georgia State University* (Gerardo Chowell-Puente and Kimberlyn Roosa) y matemáticos y estadistas del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara (Néstor García Chan y Humberto Gutiérrez Pulido).

El modelo REPLICA se comenzó a desarrollar hace 3 años para medir el impacto de la aglomeración de las actividades diarias sobre la tasa de crecimiento, el tamaño y el momento de las epidemias en zonas urbanas (<https://doi.org/10.1101/766667>). Posteriormente, con la llegada de la Pandemia de COVID-19 en México, este modelo se calibró y ajustó con la finalidad de desarrollar simulaciones de la situación del COVID-19 en Jalisco y ser un parteaguas para la toma de decisiones en el estado de Jalisco. Para ello, este modelo computacional incorpora información sobre cada uno de los negocios, hospitales y centros educativos que hay en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG).

Debido a que el modelo analiza la información sobre más de 100,000 sitios de trabajo e incorpora información demográfica, educativa y económica de alta resolución, es posible utilizarlo para estimar los impactos económicos y epidemiológicos de intervenciones en salud pública ya que permite modular la "fuerza de atracción de viaje" (FAV).

## 2. Objetivos

- Presentar la estimación del porcentaje de participación ciudadana en las medidas de aislamiento en Jalisco y del incremento del número de casos al primero de mayo de 2020
- Mostrar la georreferenciación de los casos de COVID-19 confirmados en Jalisco por municipio al primero de mayo de 2020
- Describir un nuevo modelo epidemiológico (REPLICA) que incorpora datos censales, económicos y de movilidad para replicar el comportamiento reactivo y la transmisión de enfermedades dentro de la ZMG
- Describir los escenarios propuestos mediante el modelo REPLICA para proponer la estrategia de reactivación de actividades no esenciales y educativas en la ZMG

## 3. Metodología

### Panorama epidemiológico en Jalisco y sus municipios

La estimación de frecuencia y tasas de incidencia de casos confirmados por entidad federativa fue calculada considerando el Comunicado Técnico Diario y el reporte de casos positivos, emitidos por la Secretaría de Salud al primero de mayo de 2020 (<https://www.gob.mx/salud/documentos/coronavirus-covid-19-comunicado-tecnico-diario-238449>).

Los mapas fueron realizados tomando la cartografía base de división municipal proporcionada por el INEGI. Debido a que el propósito es maximizar las diferencias entre las categorías, para la clasificación de los datos numéricos se emplearon los símbolos graduados y el *Natural Breaks* (Jenks).

Las estimaciones del número de casos de COVID-19 en Jalisco fueron realizadas con el modelo descrito en el Reporte Vo.3 (<https://n9.cl/ro56p>).

### Modelo REPLICA (REPresentación metropoLItana de Contagio y reAcción)

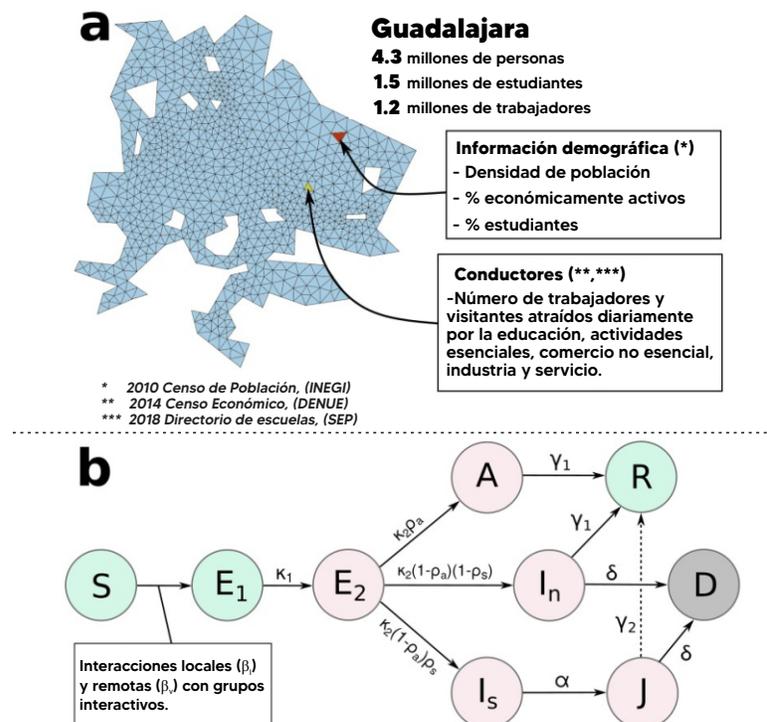
El modelo segrega el área de la ciudad en barrios triangulares ( $J = 1,580$ ) y utiliza datos del censo para distribuir los 4.3 millones de habitantes de la ciudad en todos ellos (N) (Figura 1a). Por cada barrio se identifican datos demográficos, económicos y educativos.

La "Fuerza de atracción de viaje" (TAS) es una estimación del número total de personas que viajan hacia un área determinada impulsada por alguno de los siguientes cinco sectores de actividad:

- c1 = Educación
- c2 = Actividades esenciales
- c3 = Comercio no esencial
- c4 = Servicios no esenciales
- c5 = Industria no esencial

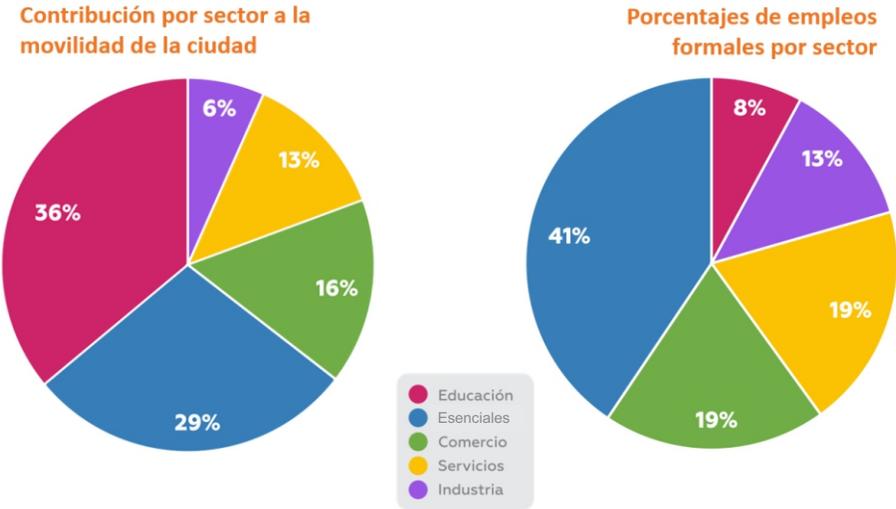
Los sectores de actividad se referencian utilizando el símbolo "c". La Figura 1a, resume los datos de los censos de población (INEGI PPV, 2010) y de unidad económica (INEGI DENU, 2014) junto con la base de datos de escuelas nacionales (SEP, SNIE, 2017) que se utilizaron para reproducir el comportamiento de los habitantes de Guadalajara.

En la Figura 1a, la cuadrícula triangular que representa a Guadalajara se muestra en el panel "a", junto con un resumen de todos los datos asimilados en el modelo. El diagrama en el panel "b" muestra el historial de enfermedades de COVID-19 en Jalisco y los parámetros involucrados. Las personas en los subgrupos rosas (E2, A, In, Is, J) son infecciosas y pueden transmitir la enfermedad (Figura 1b).



**Figura 1.** Representación esquemática de Guadalajara (a) y datos asimilados en el modelo (b).

Para simular brotes, los habitantes de un vecindario definen metapoblaciones que se acoplan por exposición no residencial al SARS-CoV-2. La transmisión residencial sigue condiciones de mezcla homogéneas, mientras que el potencial de contagio remoto se modula por la cantidad de personas que salen de casa durante el brote. Dadas las definiciones basadas en el censo de Fuerza de atracción de viaje, se infieren los patrones de movilidad diaria de los habitantes de la ciudad y a partir de ello se simulan los escenarios alternativos donde los cinco sectores de actividad se someten a un tratamiento independiente durante el brote. Las contribuciones de referencia relativas de los sectores de actividad a la fuerza laboral de la ciudad y los patrones de tráfico diarios se muestran en la Figura 2.

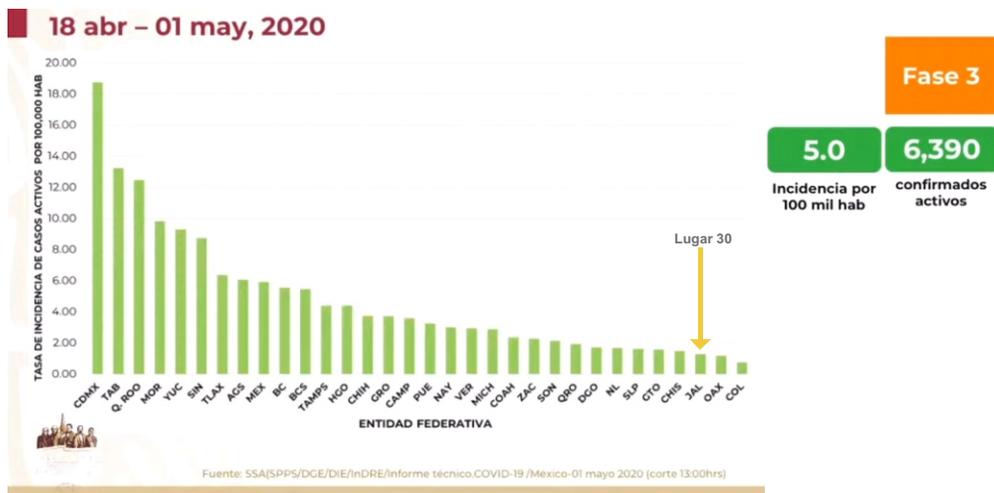


**Figura 2.** Proporción relativa de empleos y viajes diarios impulsados por los cinco sectores de actividad considerados en el modelo. La matriculación escolar no se considera en el recuento laboral, pero domina la movilidad.

## 4. Resultados

### Panorama epidemiológico en Jalisco y sus municipios: Georreferenciación

El estado de Jalisco se encuentra en el lugar 30 en tasa de incidencia de casos activos por cien mil habitantes, de acuerdo con el reporte del primero de mayo, emitido por la Secretaría de Salud Federal (Figura 3).



**Figura 3.** Tasa de incidencia de casos activos por cien mil habitantes en México del 18 de abril al 1 de mayo de 2020.

La Figura 4 muestra el número de casos acumulados estimados, de acuerdo con los porcentajes de participación ciudadana en las medidas de aislamiento. Se observa también el número de casos reportados por el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Jalisco (Reporte Federal), el número de casos reportados por Radar Jalisco y los porcentajes de letalidad correspondientes a cada uno de estos reportes. Considerando la estrategia del Modelo de Vigilancia Centinela, al 1 de mayo, se identificaron 375 casos de COVID-19, con una letalidad de 8; al incluir la Vigilancia por Radar Jalisco, se observan 483 casos con una letalidad de 6.21%.

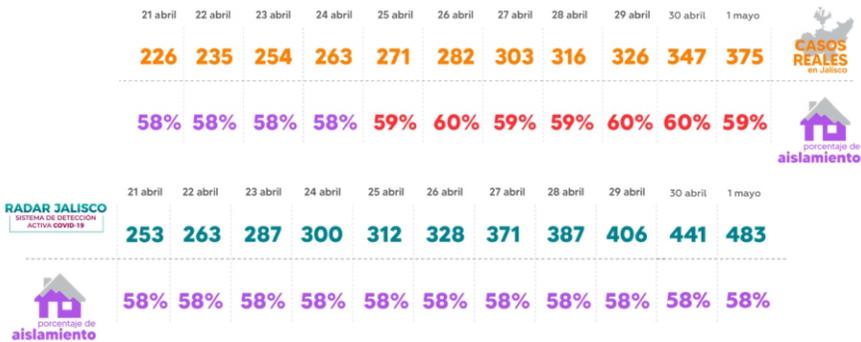
	0%	20%	40%	50%	60%	Reporte Federal de Jalisco	Letalidad Reporte Federal	RADAR JALISCO SISTEMA DE DETECCIÓN ACTIVA COVID-19	Letalidad RADAR JALISCO
21 abril 2020	76,114-96,087	13,928-16,661	1,987-2,237	671-731	206-216	226	6.64	253	5.93
22 abril 2020	97,250-121,911	16,992-20,316	2,269-2,535	740-804	218-227	235	6.38	263	5.70
23 abril 2020	123,643-153,049	20,758-24,849	2,575-2,918	812-876	229-240	254	7.48	287	6.62
24 abril 2020	156,227-192,038	25,141-30,129	2,976-3,289	886-963	242-253	263	7.60	300	6.67
25 abril 2020	194,591-239,722	30,481-36,419	3,350-3,760	973-1058	254-267	271	8.49	312	7.37
26 abril 2020	240,730-293,963	37,200-44,306	3,820-4,294	1,074-1,169	269-281	282	8.87	328	7.62
27 abril 2020	296,877-355,033	45,162-53,604	4,368-4,929	1,181-1,284	283-297	303	8.25	371	6.74
28 abril 2020	358,295-420,848	54,836-64,362	5,013-5,626	1,303-1,398	299-313	316	7.91	387	6.46
29 abril 2020	425,777-494,897	65,948-77,968	5,663-6,330	1,418-1,540	315-330	326	7.67	406	6.16
30 abril 2020	497,813-567,519	80,009-93,483	6,439-7,252	1,568-1,705	334-346	347	8.07	441	6.35
1 mayo 2020	568,951-637,308	95,024-111,715	7,338-8,299	1,717-1,869	349-367	375	8	483	6.21
5 mayo 2020	781,253-795,647	188,392-219,775	12,405-13,994	2,515-2,714	432-454	-	-	-	-
10 mayo 2020	781,253-795,647	382,121-423,889	23,645-26,381	3,981-4,346	563-592	-	-	-	-
15 mayo 2020	781,253-795,647	576,884-598,697	44,501-49,769	6,419-6,941	736-769	-	-	-	-

Fecha

Estimación de casos según el porcentaje de aislamiento

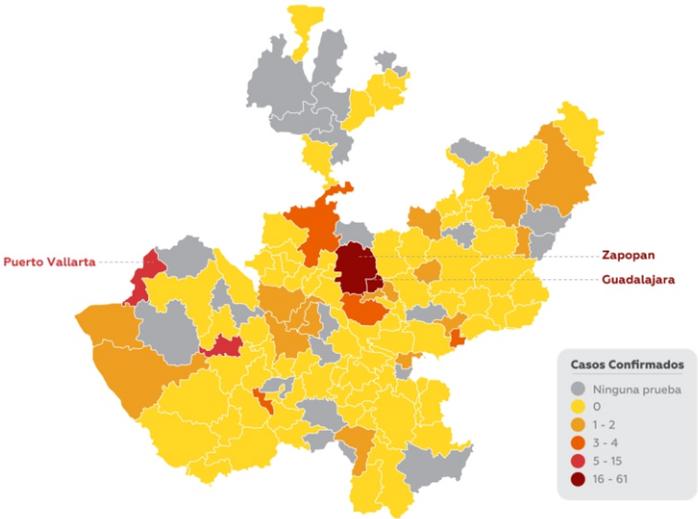
**Figura 4.** Estimación de casos según el porcentaje de participación ciudadana en las medidas de aislamiento.

Al comparar el número de casos reales reportados con los casos estimados en los diferentes niveles de aislamiento, se observa que el porcentaje de aislamiento se ha mantenido en aproximadamente un 58% (Figura 5).



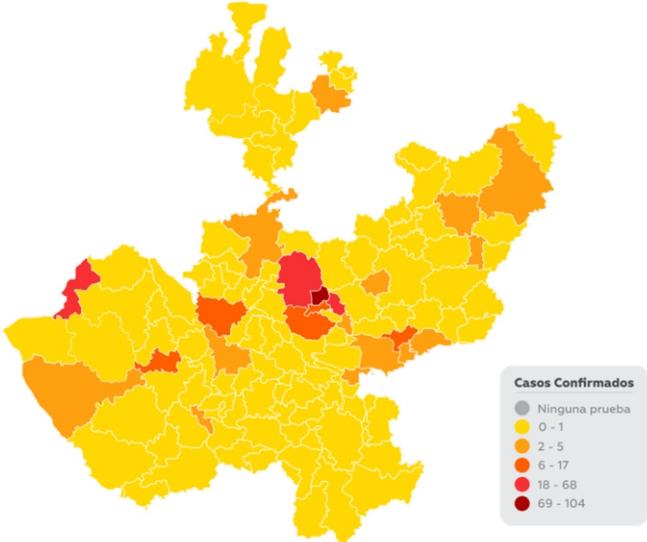
**Figura 5.** Porcentaje de aislamiento en Jalisco durante el mes de abril.

En la Figura 6 se destaca la aplicación de pruebas y detección de casos por municipio. Para el 17 de abril, no se habían realizados pruebas de detección en 22 municipios del estado de Jalisco ya que aún no se presentaba ningún caso sospechoso, principalmente en municipios de la periferia del estado (14/22). La presencia de casos se concentraba en 24 municipios, 20 (83.33%) con incidencia menor a cinco, dos municipios con 10 y 15 casos, y la mayor concentración se presentaba en Zapopan y Guadalajara con 53 y 61 casos, respectivamente.



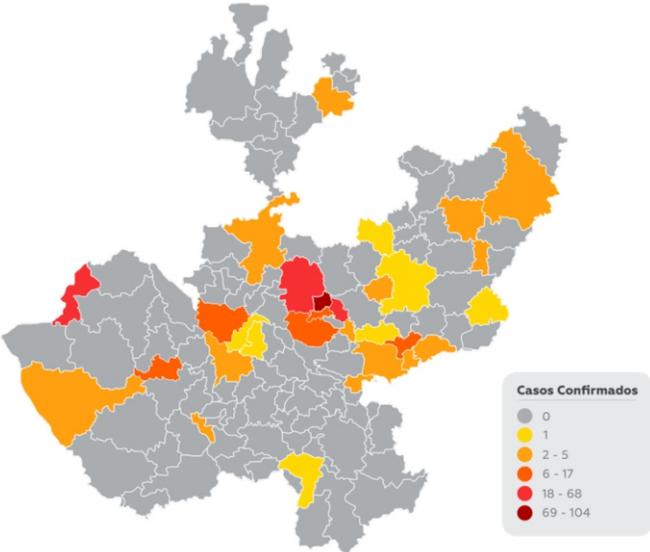
**Figura 6.** Casos confirmados en Jalisco por municipio al 17 de abril de 2020.

Para el primero de mayo, como se muestra en la Figura 7, la toma de muestras para la detección de COVID-19 se había generalizado a todo el estado y el número de municipios con casos se incrementó a 30, lo que representa el 24% del total.



**Figura 7.** Casos confirmados en Jalisco por municipio al primero de mayo de 2020.

La Figura 8 refleja que la ZMG concentra 61.87% (282) de los casos reportados en el estado; cabe destacar que hasta el momento no hay casos en el Salto e Ixtlahuacán de los Membrillos, dos de los ocho municipios que conforman la ZMG, así mismo se registra una incidencia < 5 en 65.62 % (21) de los municipios que presentan casos.

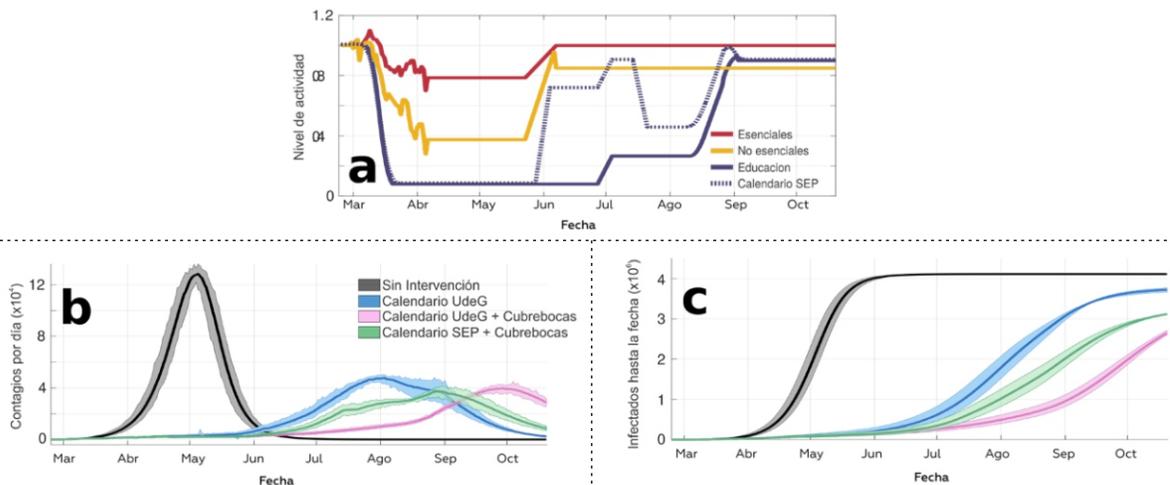


**Figura 8.** Casos confirmados en Jalisco por municipio al primero de mayo de 2020.

## Modelo REPLICA (REPresentación metropoLItana de Contagio y reAcción)

El modelo REPLICA plantea el panorama del COVID-19 en la ZMG considerando varios escenarios (Figura 9). La Figura 9a muestra el nivel en el que se desarrollan diferentes actividades en la ZMG. La línea roja representa las actividades esenciales con una disminución al 80% a partir de la tercera semana de marzo hasta mayo; la línea amarilla representa las actividades no esenciales, con una disminución gradual desde marzo, hasta alcanzar un 40% que se sostiene durante todo el mes de mayo. La línea continua de color azul marino representa la actividad de educación considerando un escenario escalonado: una disminución al 10% a partir de la tercera semana de marzo hasta junio; al 25% de julio hasta agosto y al 90% a partir de septiembre (calendario UdeG). La línea punteada de color azul oscuro muestra la actividad en educación, considerando el calendario establecido por la Secretaría de Educación Pública (SEP) para el nivel de educación básica.

La gráfica 9b muestra el comportamiento del número de personas que se contagian cada día según diferentes estrategias de intervención, mientras que la gráfica 9c indica el número de contagios acumulados. La línea negra muestra el escenario en que todo opera de manera normal, la azul claro, lo que sucede considerando los niveles de actividad mostrados en la gráfica 9a para actividades esenciales, no esenciales y el calendario propuesto por la UdeG; la rosa representa el escenario anterior más el uso del cubrebocas en lugares públicos. Por último, la línea verde muestra lo que sucede considerando los niveles de actividad mostrados en la gráfica 9a para actividades esenciales, no esenciales, el calendario de la SEP y el uso de cubrebocas en lugares públicos.



**Figura 9.** Panorama del COVID-19 en la Zona Metropolitana de Guadalajara, de acuerdo con el Modelo REPLICA.

Con base en estos escenarios, se observa un panorama con menos número de casos cuando las actividades no esenciales se retoman de forma gradual a partir de junio, considerando que las actividades de educación se realizan de acuerdo con el calendario propuesto por la UdeG, más el uso del cubrebocas.

## 5. Conclusiones

- Jalisco es el tercer estado de la república mexicana con el menor número de casos activos por cien mil habitantes, de acuerdo con el reporte del 1 de mayo, emitido por la Secretaría de Salud.
- De acuerdo con los datos estimados con el modelo SEIR, la participación ciudadana en las medidas de aislamiento en Jalisco ha sido de alrededor del 58% en el mes de abril.
- Gracias a la participación de la UdeG y al modelo Radar del estado de Jalisco, al primero de mayo se logró una cobertura de muestreo en todos los municipios de Jalisco.
- El incremento de casos en la ZMG, para el período del 16 de abril al primero de mayo ha sido lento y constante, a excepción del municipio de Tonalá.
- De acuerdo con el modelo REPLICA, se observa un panorama para Jalisco con menos número de casos de COVID-19 cuando las actividades no esenciales se retoman de forma gradual a partir de junio, considerando que las actividades de educación se realizan acorde con el calendario propuesto por la UdeG, más el uso del cubrebocas.

Por favor  
**#QuédateEnCasa**

