



# Estimaciones de incidencia real y número reproductivo en las alcaldías de la CDMX: informe preliminar 11 de abril de 2021

Ruth Corona Moreno, Mario Santana-Cibrian, Jorge X. Velasco-Hernández  
Instituto de Matemáticas UNAM-Juriquilla  
Reporte Interno extraordinario  
NoMMA-A4-2021

11 de abril de 2021

**ADVERTENCIA:** Este documento se distribuye para proporcionar resultados de investigación preliminares para efectos de información únicamente; no han sido certificados por la revisión de pares y, por ello, no pueden usarse para guiar decisiones clínicas ni de salud. Estos resultados no deben ser transmitidos en medios como información definitiva.

## Índice

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Estimaciones de indicadores epidemiológicos</b>                           | <b>2</b>  |
| 1.1. Estimaciones de la epidemia para CDMX . . . . .                            | 2         |
| 1.2. Estimaciones Álvaro Obregón . . . . .                                      | 9         |
| 1.3. Estimaciones Azcapotzalco . . . . .                                        | 12        |
| 1.4. Estimaciones Benito Juárez . . . . .                                       | 15        |
| 1.5. Estimaciones Coyoacán . . . . .                                            | 18        |
| 1.6. Estimaciones Cuajimalpa de Morelos . . . . .                               | 21        |
| 1.7. Estimaciones Cuauhtémoc . . . . .                                          | 24        |
| 1.8. Estimaciones Gustavo A. Madero . . . . .                                   | 27        |
| 1.9. Estimaciones Iztacalco . . . . .                                           | 30        |
| 1.10. Estimaciones Iztapalapa . . . . .                                         | 33        |
| 1.11. Estimaciones Magdalena Contreras . . . . .                                | 36        |
| 1.12. Estimaciones Miguel Hidalgo . . . . .                                     | 39        |
| 1.13. Estimaciones Milpa Alta . . . . .                                         | 42        |
| 1.14. Estimaciones Tláhuac . . . . .                                            | 45        |
| 1.15. Estimaciones Tlalpan . . . . .                                            | 48        |
| 1.16. Estimaciones Xochimilco . . . . .                                         | 51        |
| 1.17. Estimaciones Venustiano Carranza . . . . .                                | 54        |
| <b>2. Cuadros resumen con estimaciones puntuales de principales indicadores</b> | <b>57</b> |



|                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3. Observaciones sobre las estimaciones presentadas</b>                                    | <b>58</b> |
| <b>4. Agradecimientos</b>                                                                     | <b>59</b> |
| <b>5. Apéndice metodológico</b>                                                               | <b>60</b> |
| 5.1. Metodología para la estimación de infecciones totales y número reproductivo instantáneo. | 60        |
| 5.2. Descripción de la parametrización del modelo para el caso nacional . . . . .             | 60        |
| 5.3. Software . . . . .                                                                       | 64        |

## 1. Estimaciones de indicadores epidemiológicos

En esta sección se muestran resultados de las estimaciones y ajustes a los datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril 2021, con el modelo estadístico *covidestim* usando como distribuciones a priori las mostradas en el Cuadro 5. Cada gráfica compara las estimaciones usando la parametrización original de *covidestim* (para Estados Unidos) y la parametrización con densidades nacionales. En particular, resaltamos la notable mejoría obtenida con esta reparametrización en la estimación de hospitalizaciones (casos severos). La serie de tiempo de hospitalizaciones reportadas no es un insumo del modelo de tal forma que la estimación proporcionada es una proyección del modelo *covidestim*.

### 1.1. Estimaciones de la epidemia para CDMX

En esta subsección se presentan las estimaciones del modelo *covidestim* para la epidemia a nivel nacional. Toda la información, proyecciones y análisis descritos y presentados en este documento está basado en la información contenida en la base de datos abierta del gobierno federal [9].

El país es un conjunto heterogéneo de poblaciones con características socioeconómicas y regionales diversas que incluyen clima, geografía, topografía, sistemas fluviales, etc. La evaluación a nivel país agrega, de manera importante, toda esta heterogeneidad. Es importante tener esto en cuenta cuando se interpretan los resultados aquí presentados.

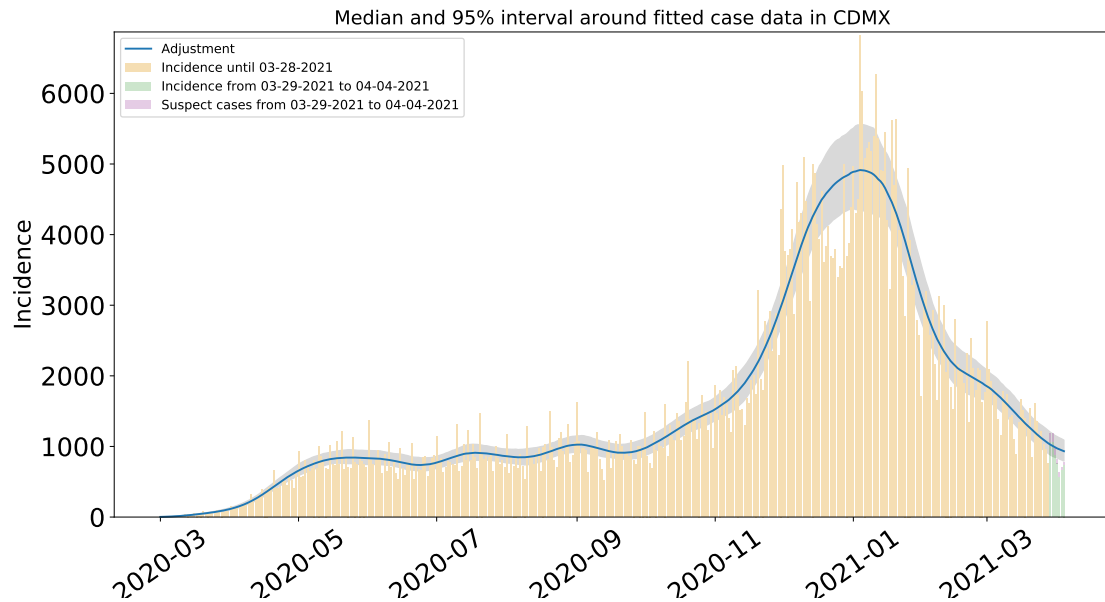


Figura 1: Ajuste de casos positivos (incidencia) de COVID-19 por inicio de síntomas en CDMX usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021. Puede observarse que el ajuste es bastante bueno aún en los dos primeros meses de la epidemia.

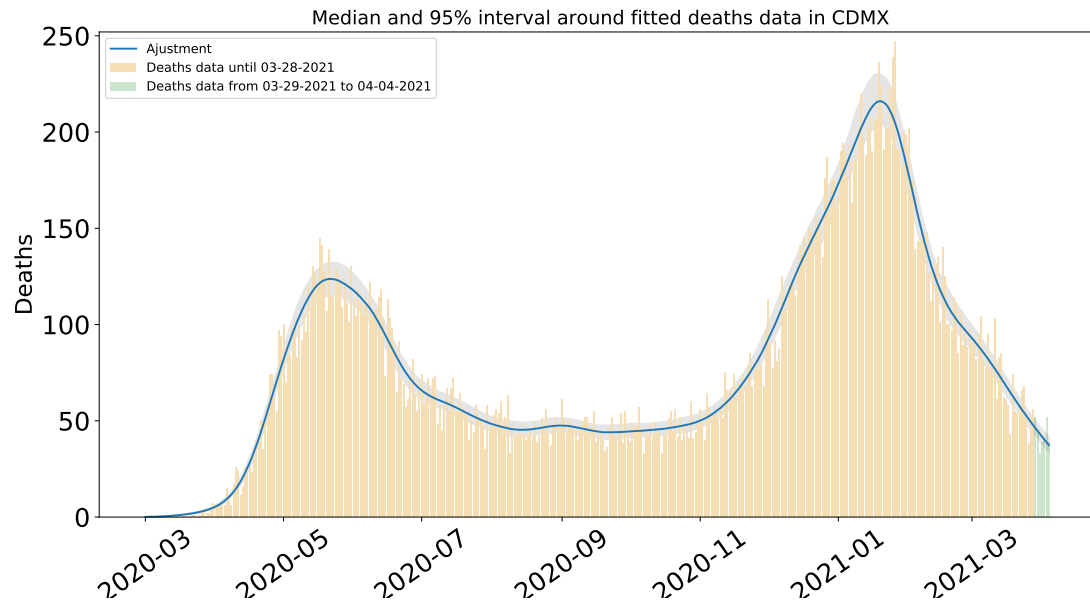


Figura 2: Ajuste de defunciones por COVID-19 para la alcaldía CDMX usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

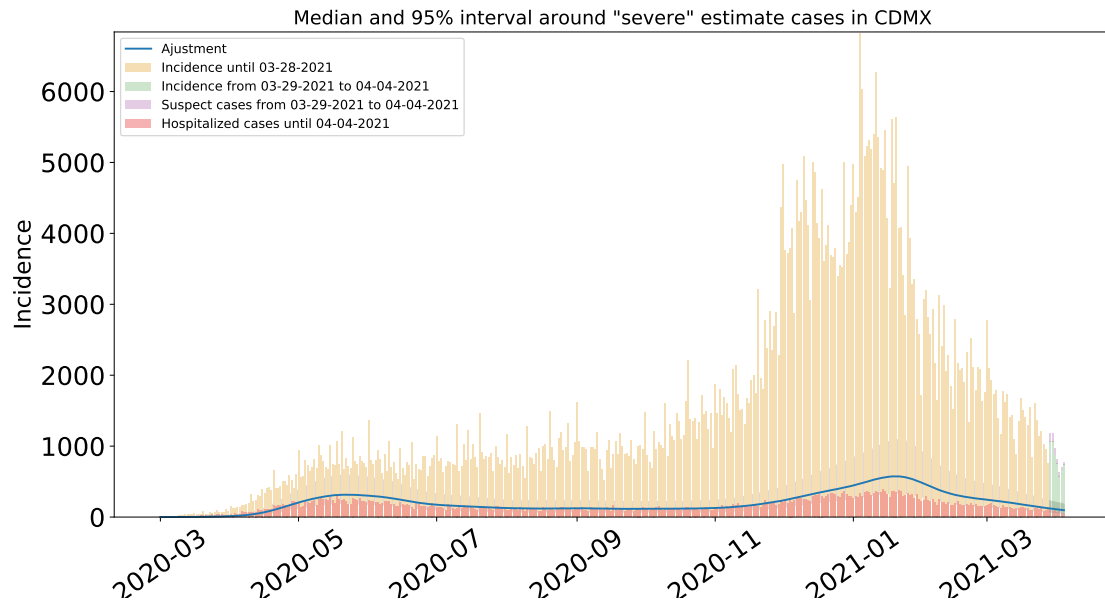


Figura 3: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía CDMX usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021. En esta gráfica se compara la estimación de los casos severos (línea azul, que en principio hubiesen requerido hospitalización) y los casos hospitalizados reportados (barras azules). El modelo indica que las muertes severas ocurridas fuera de los hospitales son significativas.

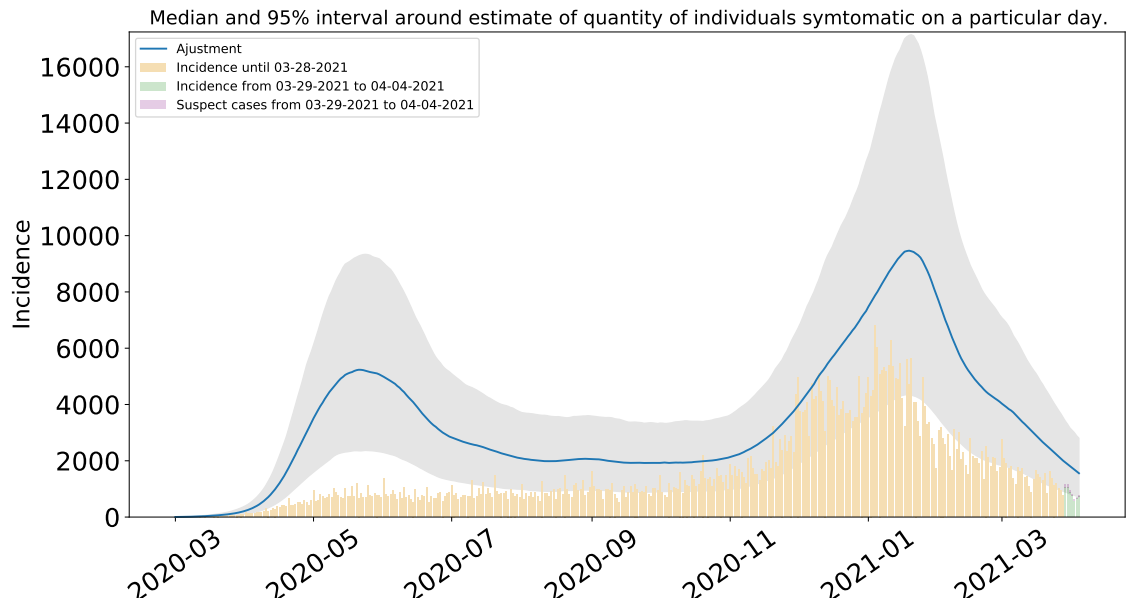


Figura 4: Estimación del número de enfermos sintomáticos en CDMX usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021. Esta estimación, como todas las de este modelo y, para el caso de cualquier modelo, está sustentada por la proporción de infecciones sintomáticas supuestas, la cual es desconocida en realidad en todo el mundo. Existen estimaciones particulares para China, EUA y otros países, pero todas, sin excepción tienen amplios intervalos de incertidumbre y están basados en muestreos sesgados de las poblaciones afectadas. En nuestro caso, las estimaciones se basan en las distribuciones calculadas presentadas en la sección 2, Cuadro 4

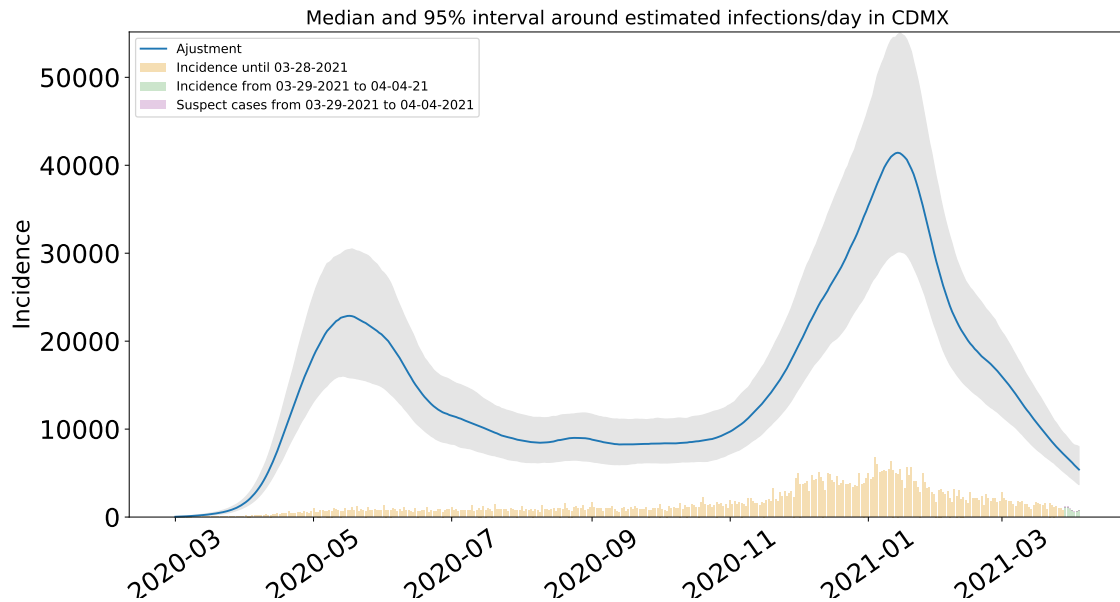


Figura 5: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en CDMX usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

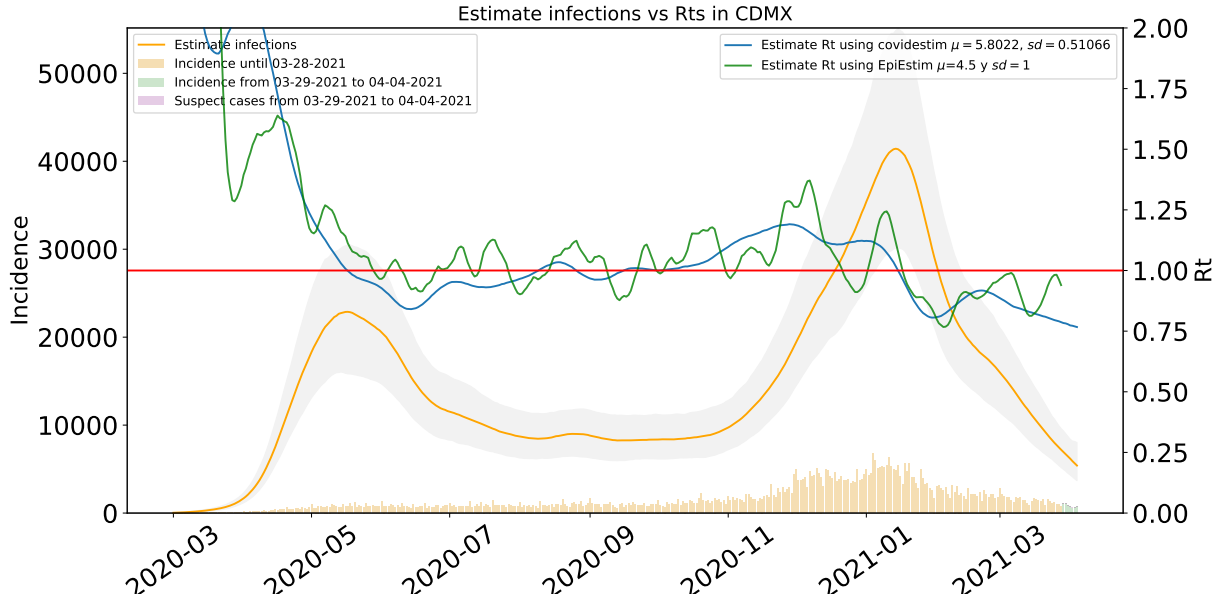


Figura 6: Estimación de  $R_t$ . La figura muestra también el total de infecciones estimadas en CDMX para efectos comparativos, usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021. Volvemos a resaltar que este  $R_t$  está calculado con base en las infecciones totales estimadas en vez de las infecciones reportadas como hace el método usado para calcular  $R_t$  en el semáforo federal. Ambos métodos rinden tendencias similares, en lo general, pero no son iguales. Ambos se sustentan en hipótesis diferentes expresadas en usar una serie de tiempo en particular como representativa de la epidemia real. Obsérvese también que nuestro  $R_t$  hace el nowcasting a la fecha del 04 de abril.

## 1.2. Estimaciones Álvaro Obregón

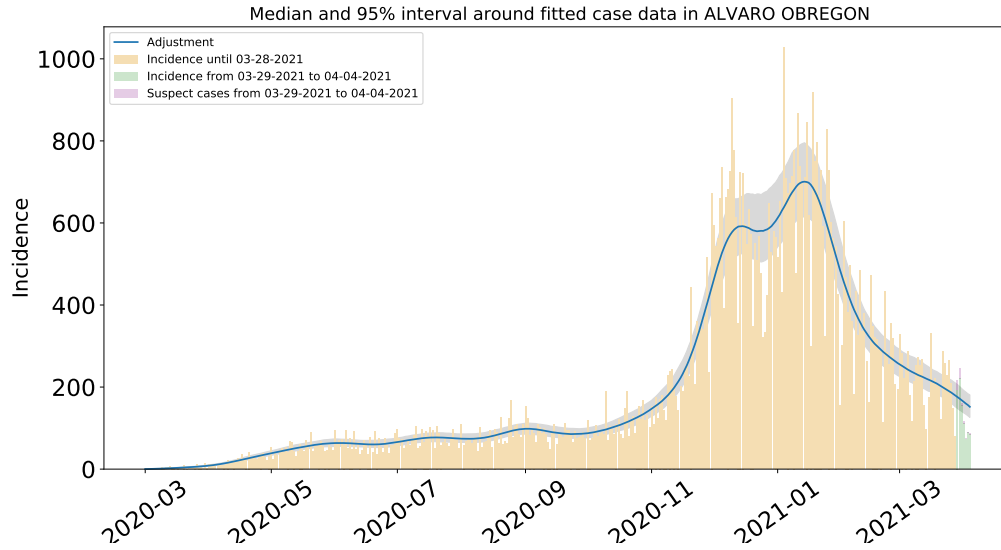


Figura 7: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Álvaro Obregón usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

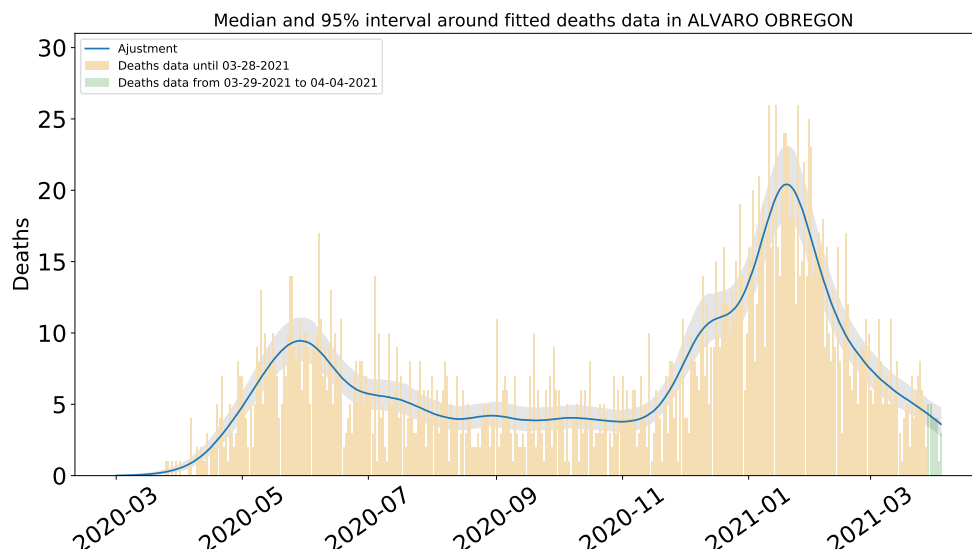


Figura 8: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Álvaro Obregón usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

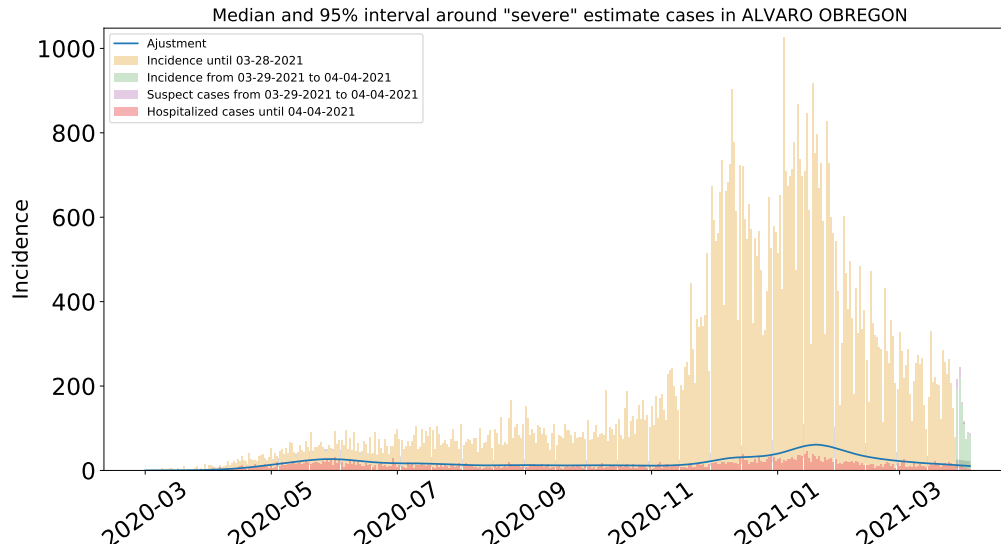


Figura 9: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Álvaro Obregón usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

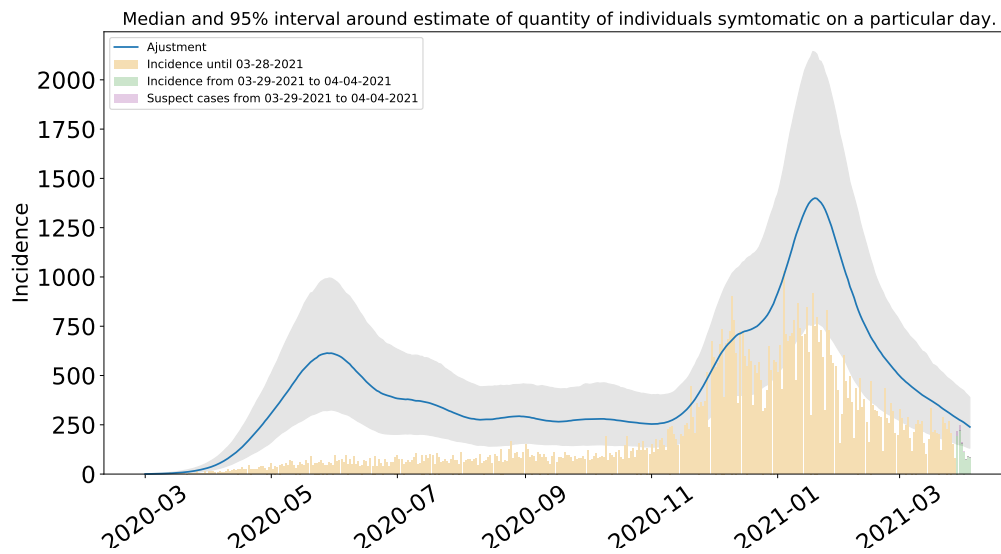


Figura 10: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Álvaro Obregón usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

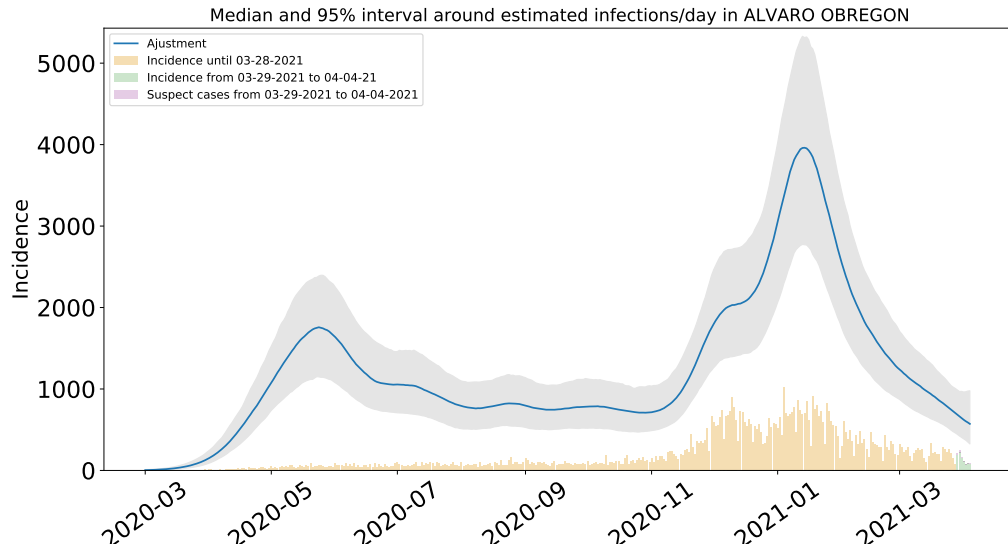


Figura 11: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Álvaro Obregón usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

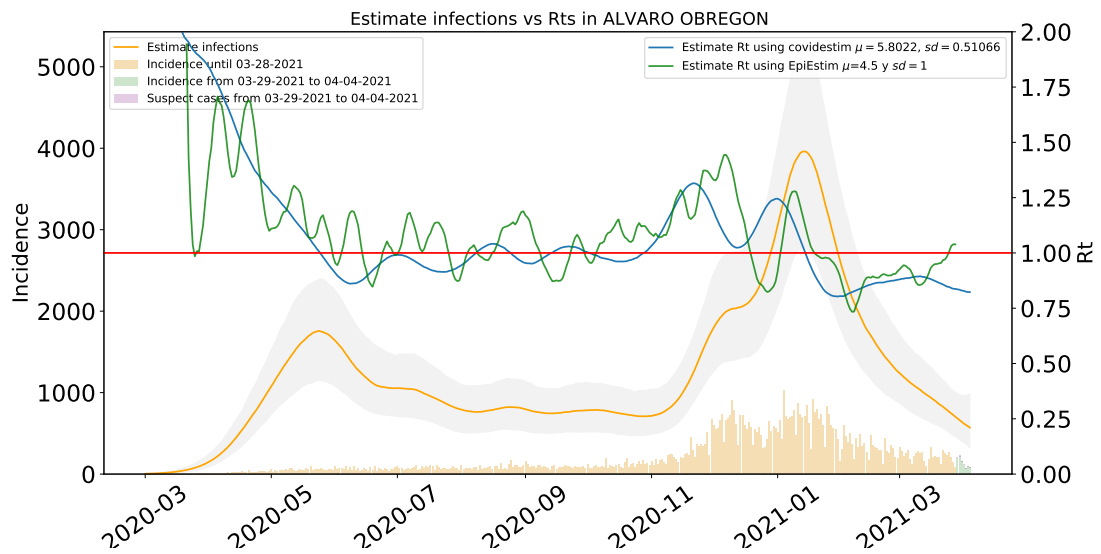


Figura 12:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Álvaro Obregón usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

### 1.3. Estimaciones Azcapotzalco

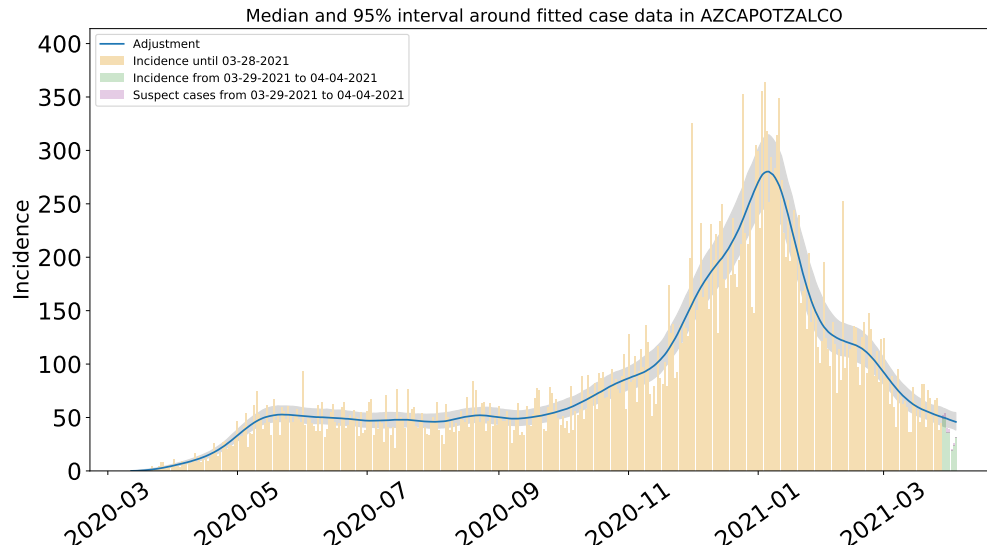


Figura 13: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Azcapotzalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

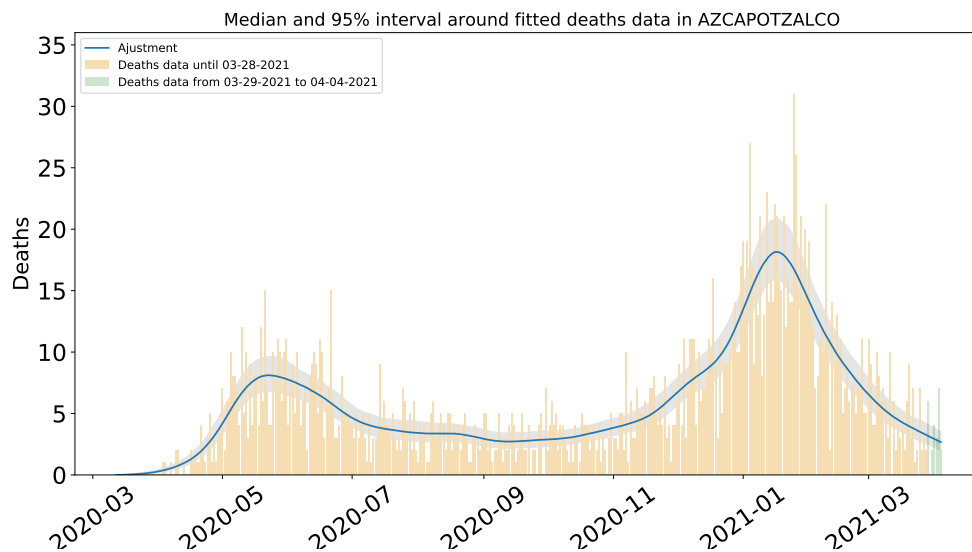


Figura 14: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Azcapotzalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

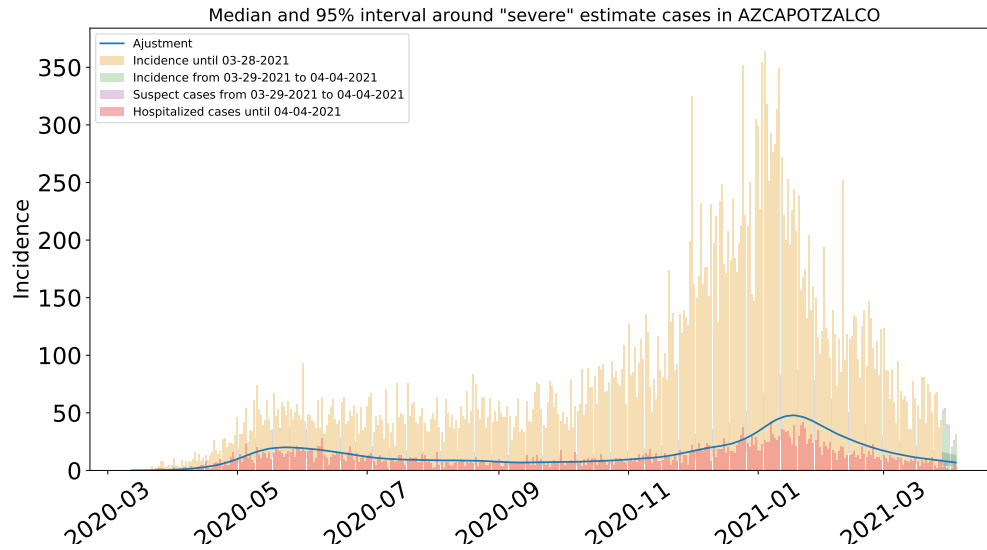


Figura 15: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Azcapotzalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

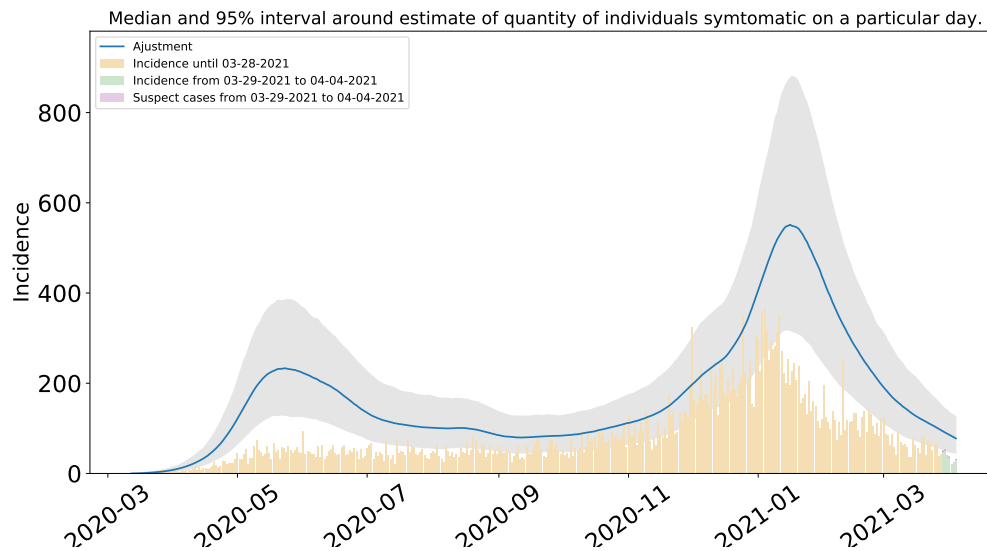


Figura 16: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Azcapotzalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

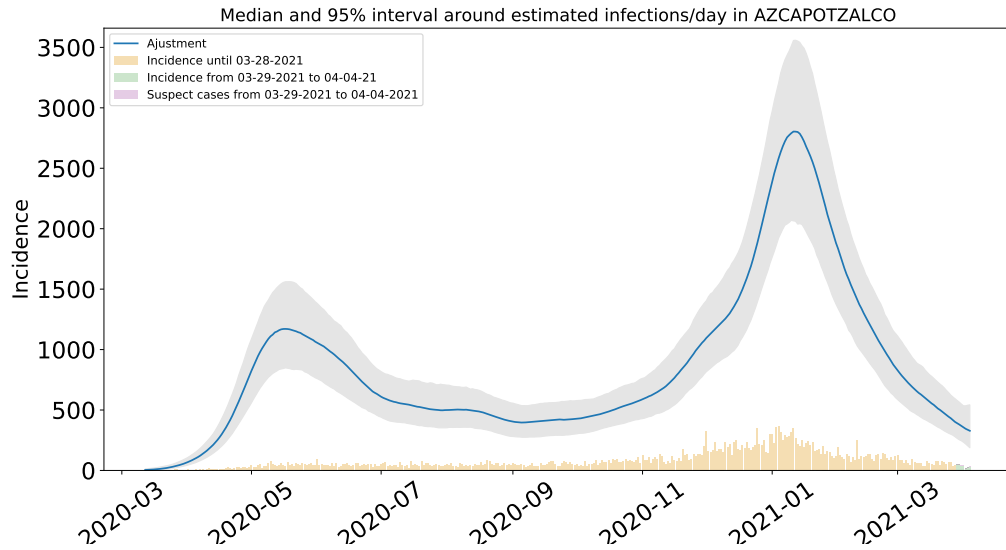


Figura 17: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Azcapotzalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

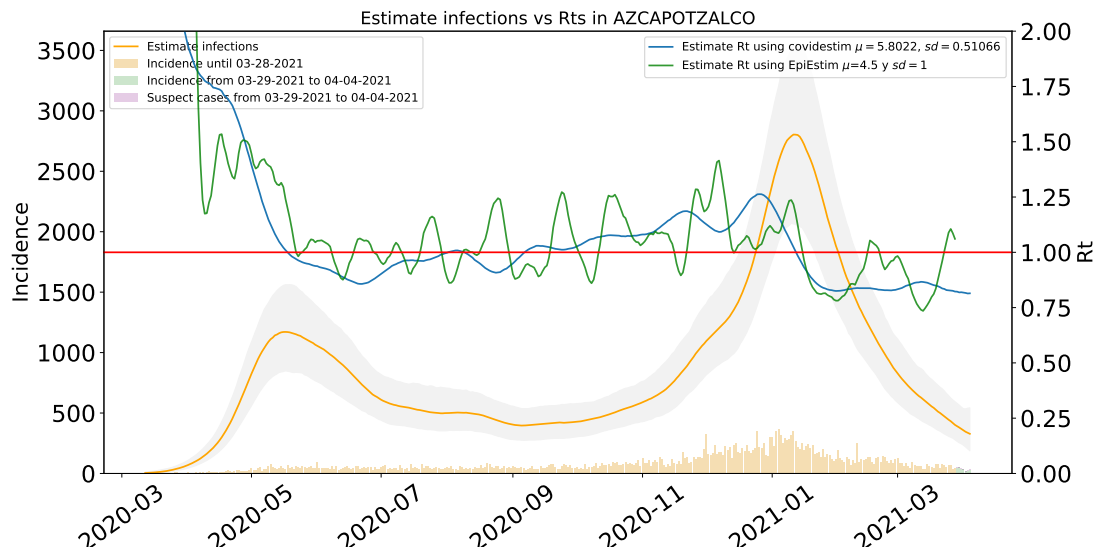


Figura 18:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Azcapotzalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

#### 1.4. Estimaciones Benito Juárez

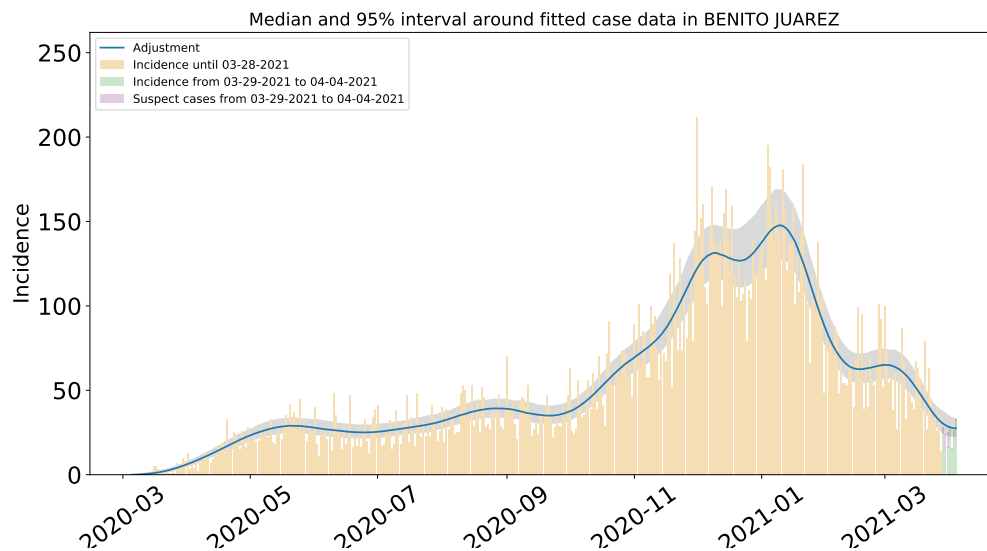


Figura 19: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Benito Juárez usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

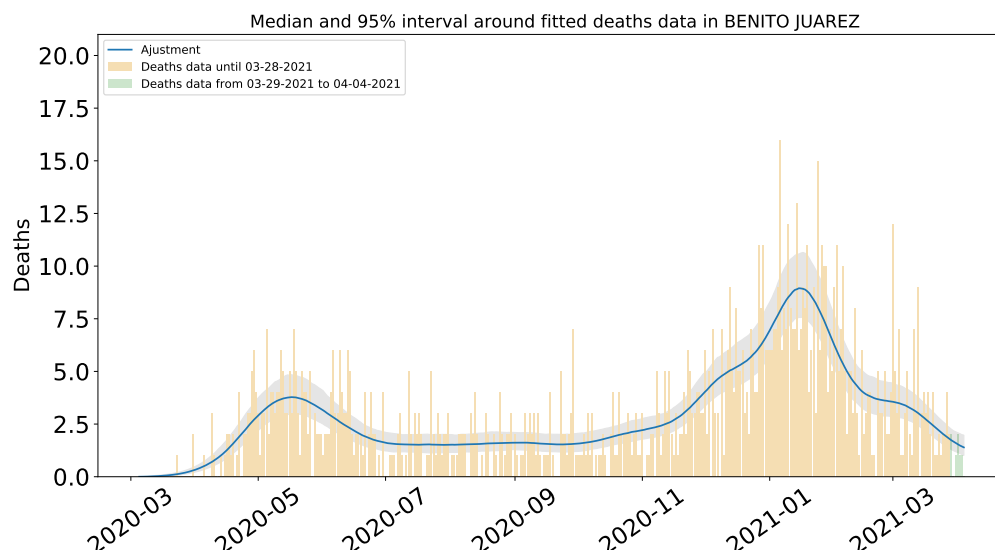


Figura 20: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Benito Juárez usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

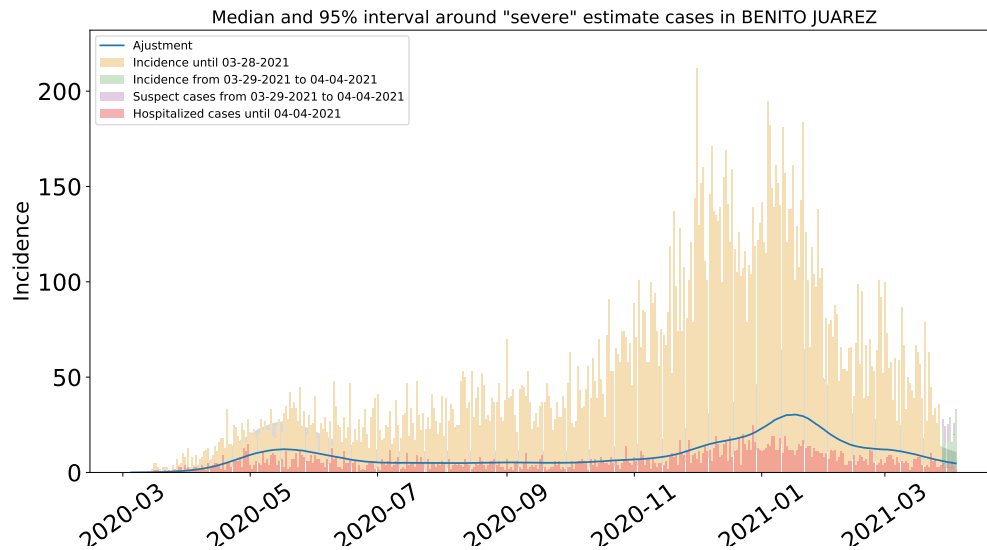


Figura 21: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Benito Juárez usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

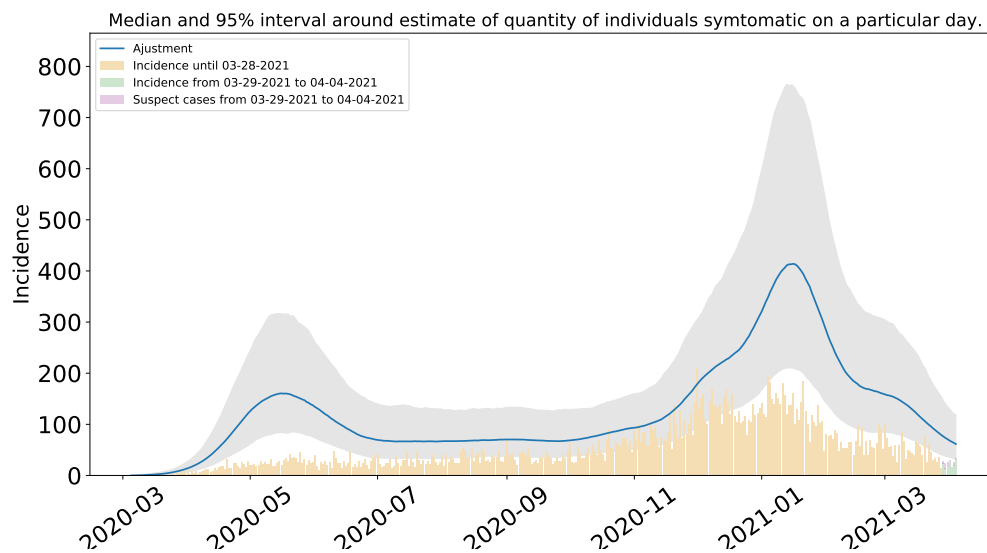


Figura 22: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Benito Juárez usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

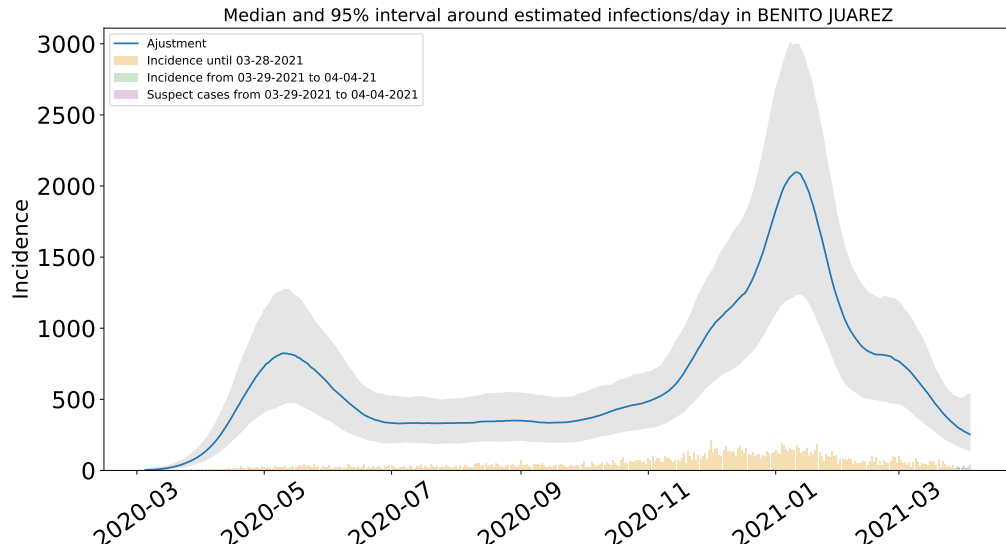


Figura 23: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Benito Juárez usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

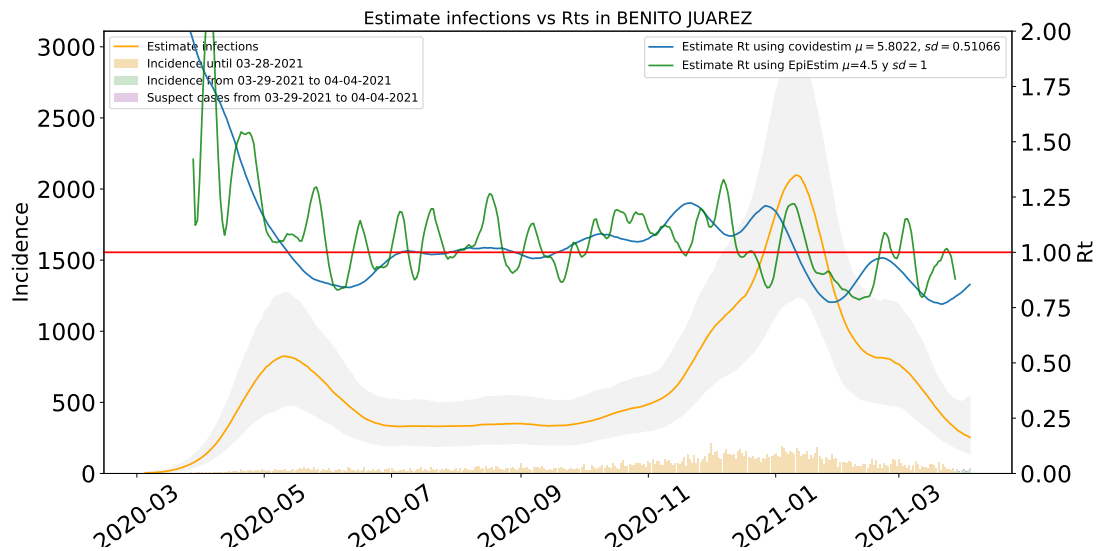


Figura 24:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Benito Juárez usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

## 1.5. Estimaciones Coyoacán

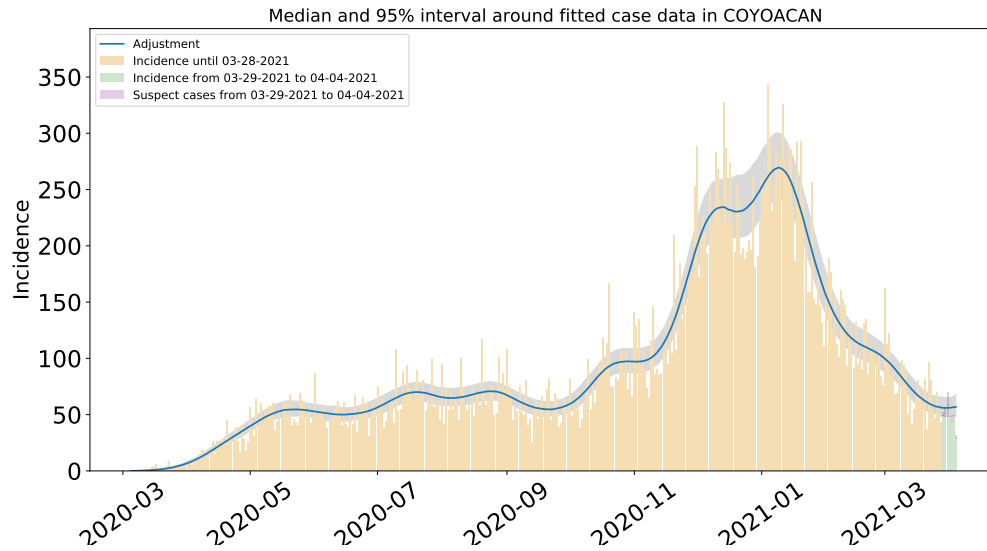


Figura 25: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Coyoacán usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

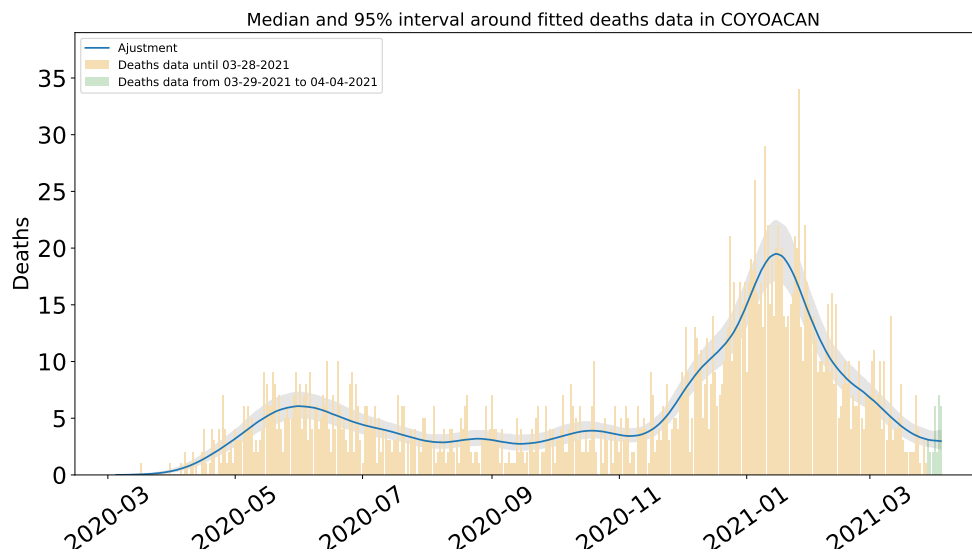


Figura 26: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Coyoacán usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

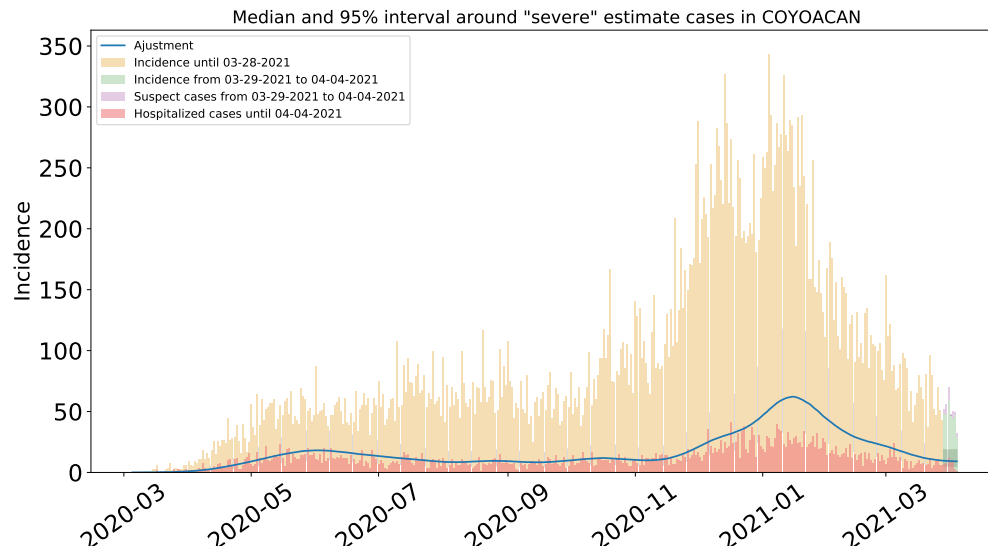


Figura 27: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Coyoacán usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

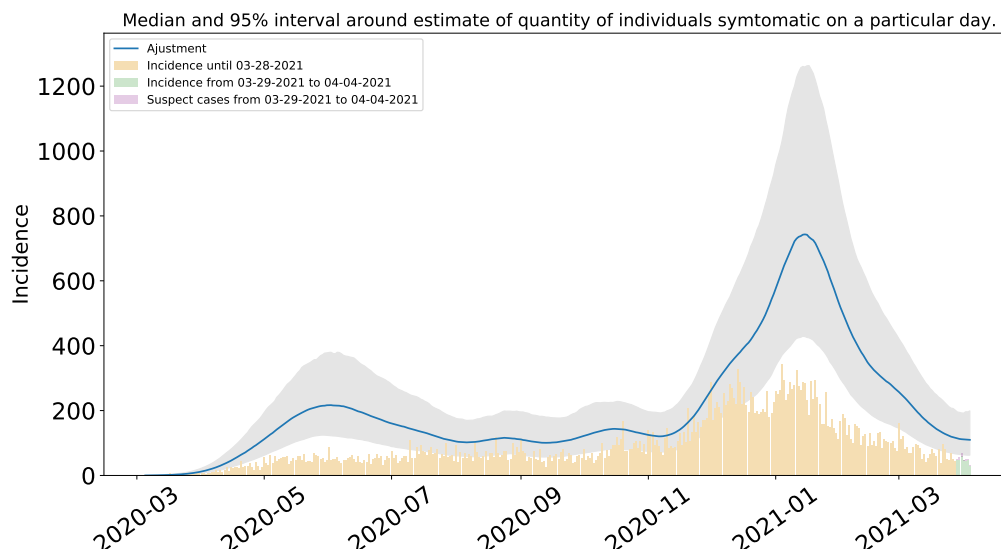


Figura 28: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Coyoacán usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

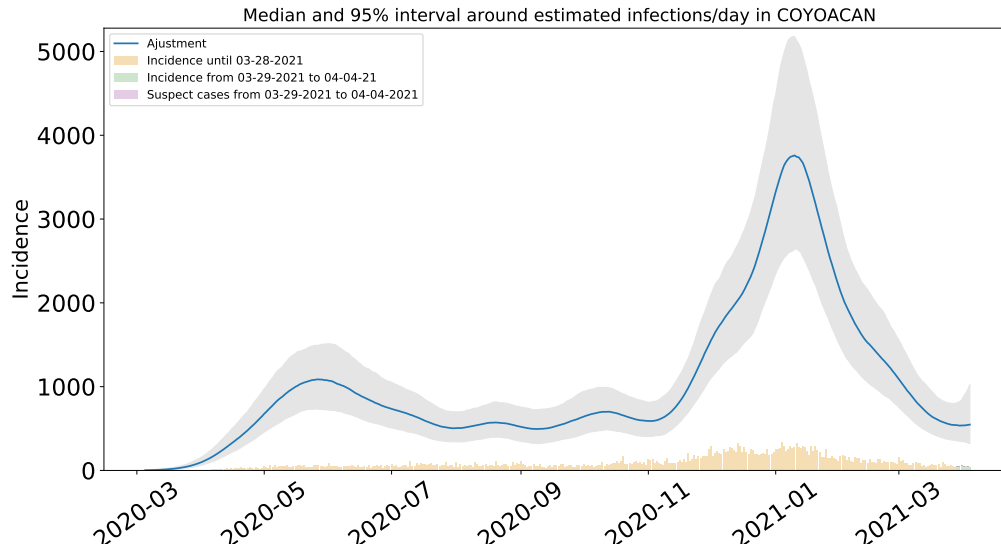


Figura 29: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Coyoacán usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

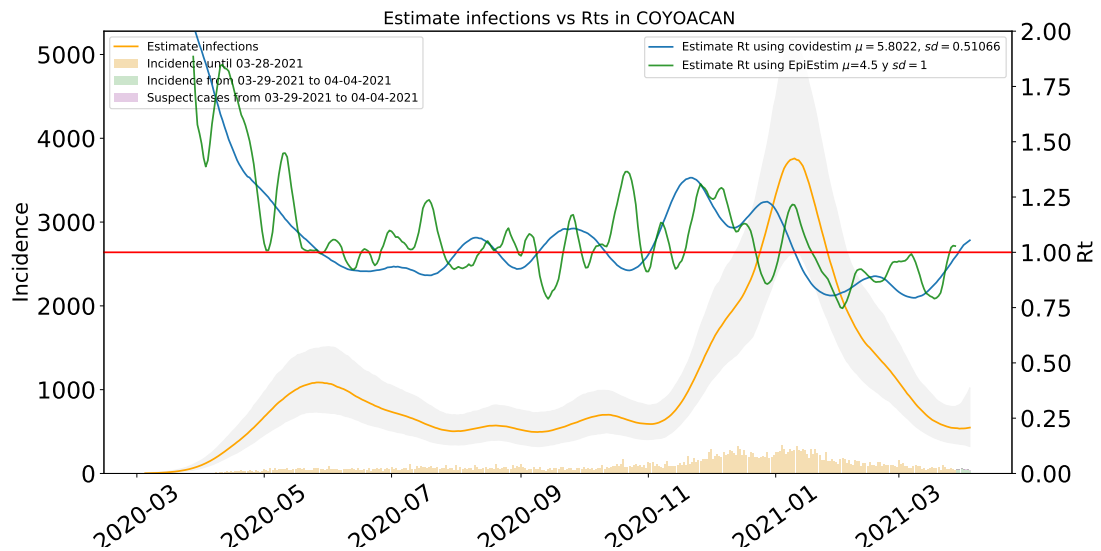


Figura 30:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Coyoacán usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

## 1.6. Estimaciones Cuajimalpa de Morelos

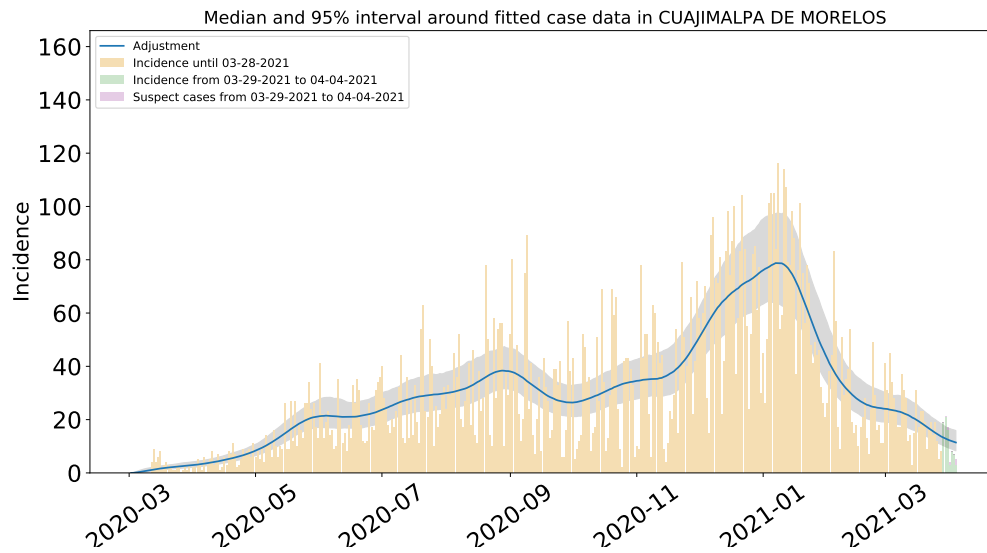


Figura 31: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Cuajimalpa de Morelos usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

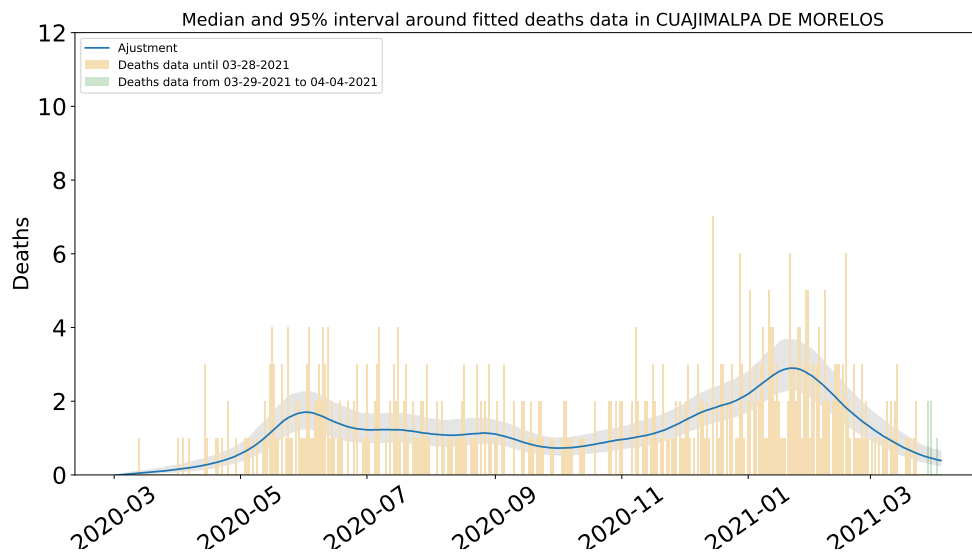


Figura 32: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Cuajimalpa de Morelos usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

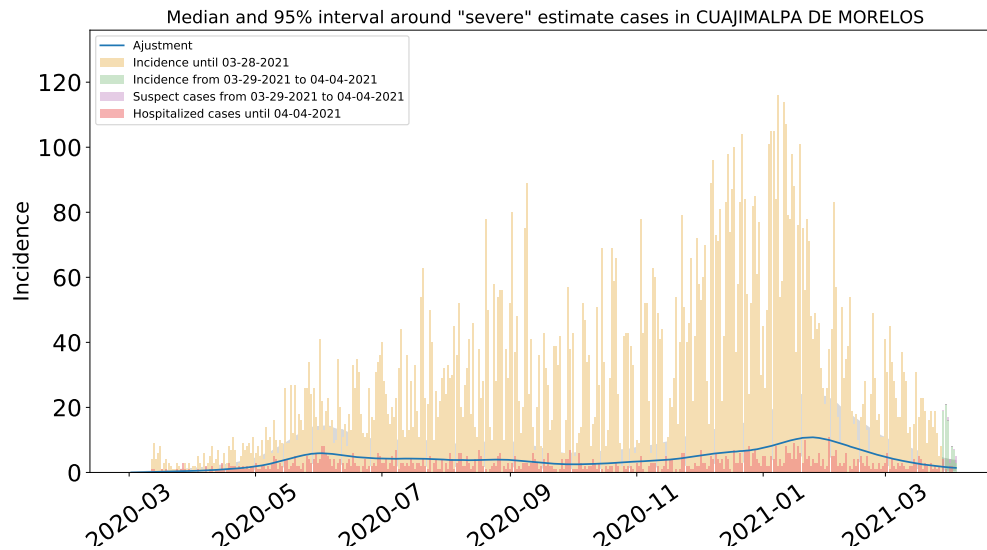


Figura 33: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Cuajimalpa de Morelos usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

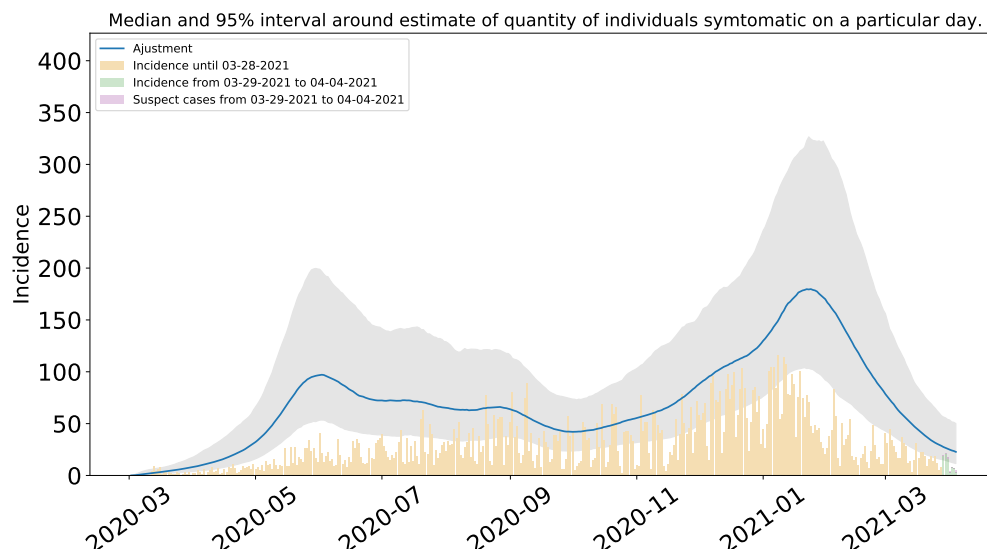


Figura 34: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Cuajimalpa de Morelos usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

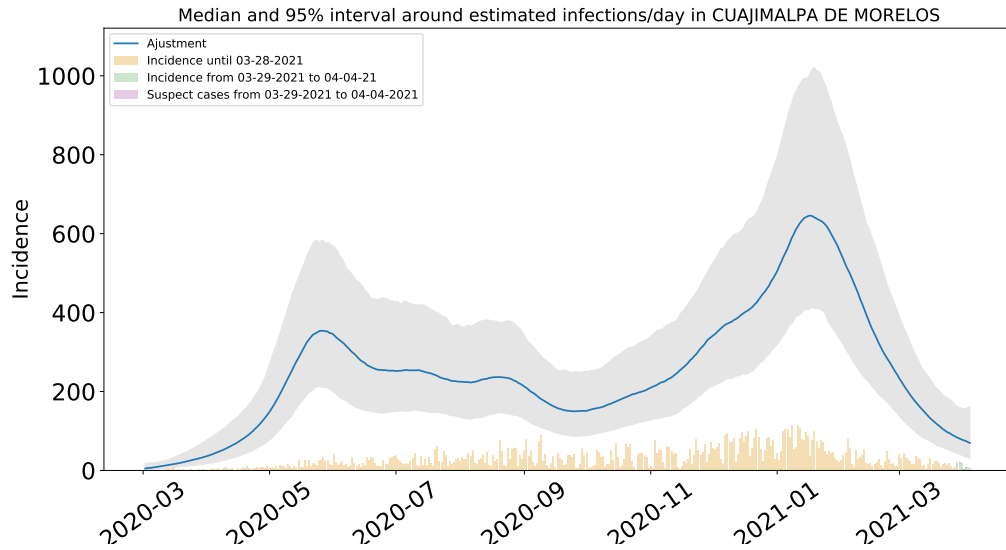


Figura 35: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Cuajimalpa de Morelos usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

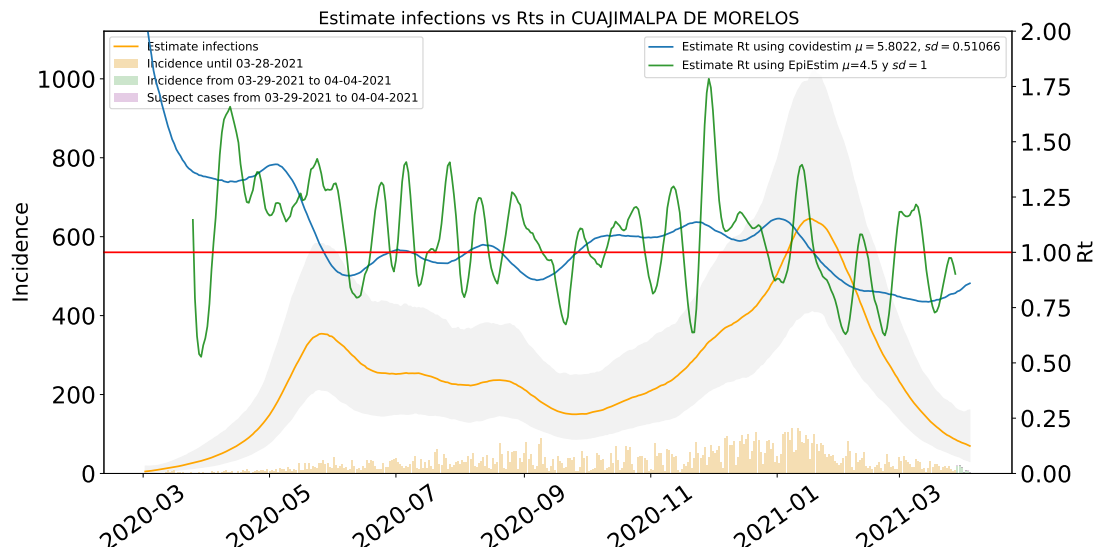


Figura 36:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Cuajimalpa de Morelos usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril 2021.

## 1.7. Estimaciones Cuauhtémoc

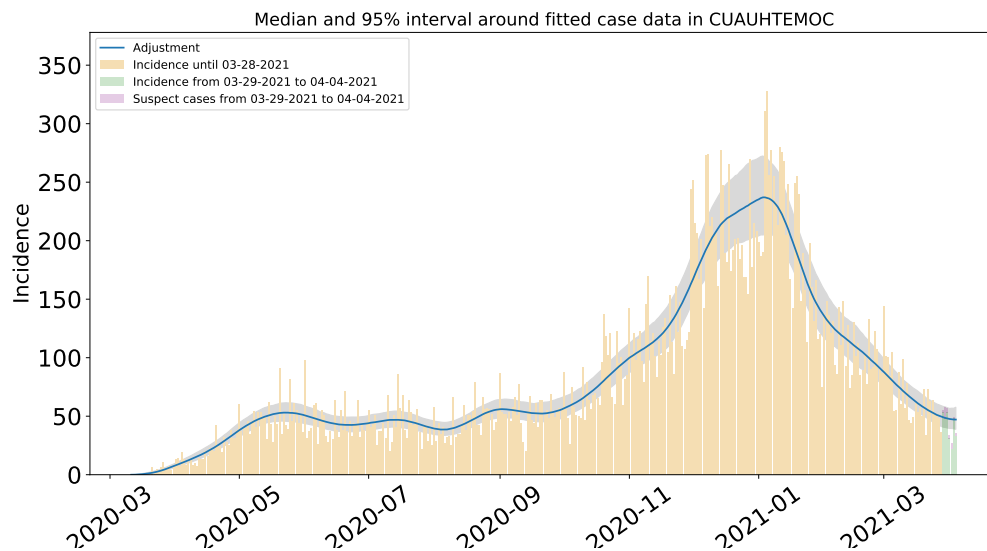


Figura 37: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Cuauhtémoc usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

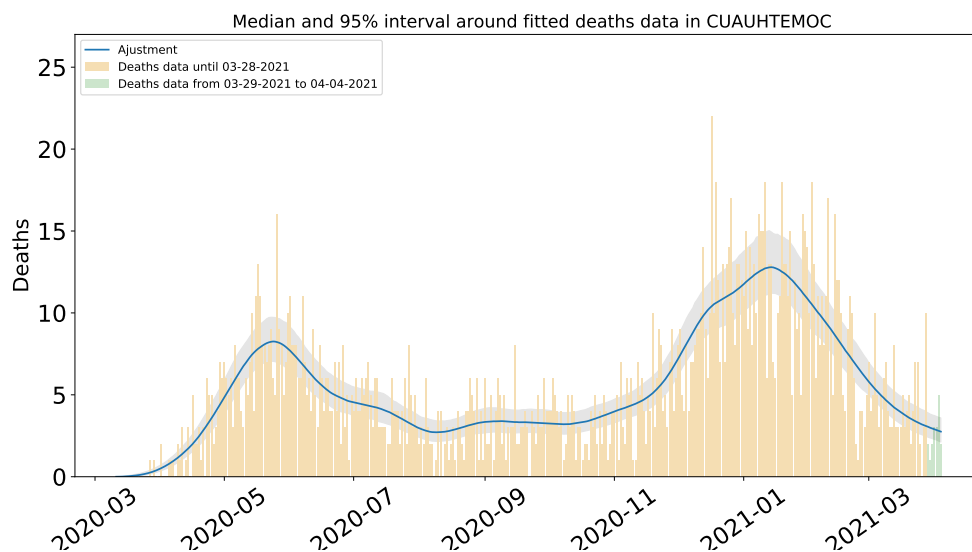


Figura 38: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Cuauhtémoc usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

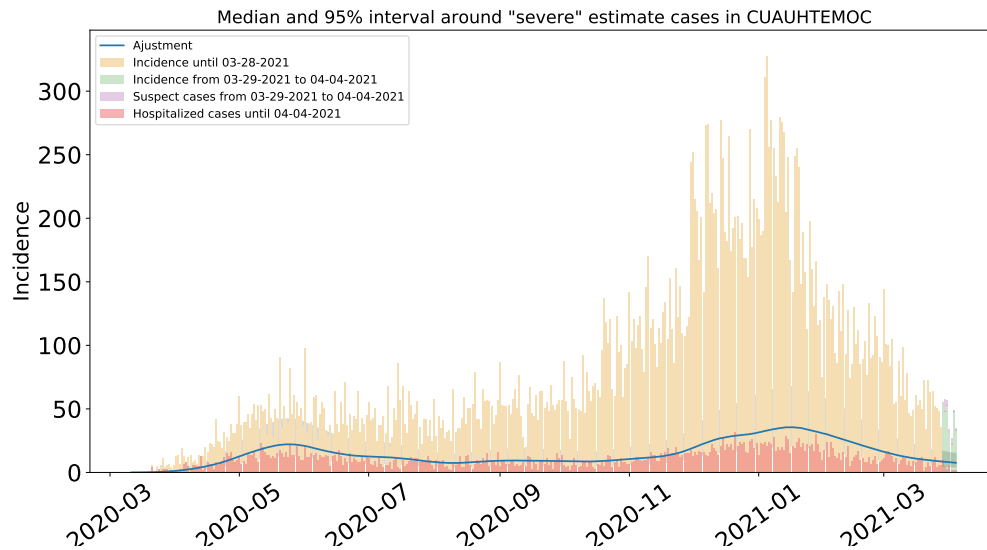


Figura 39: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Cuauhtémoc usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

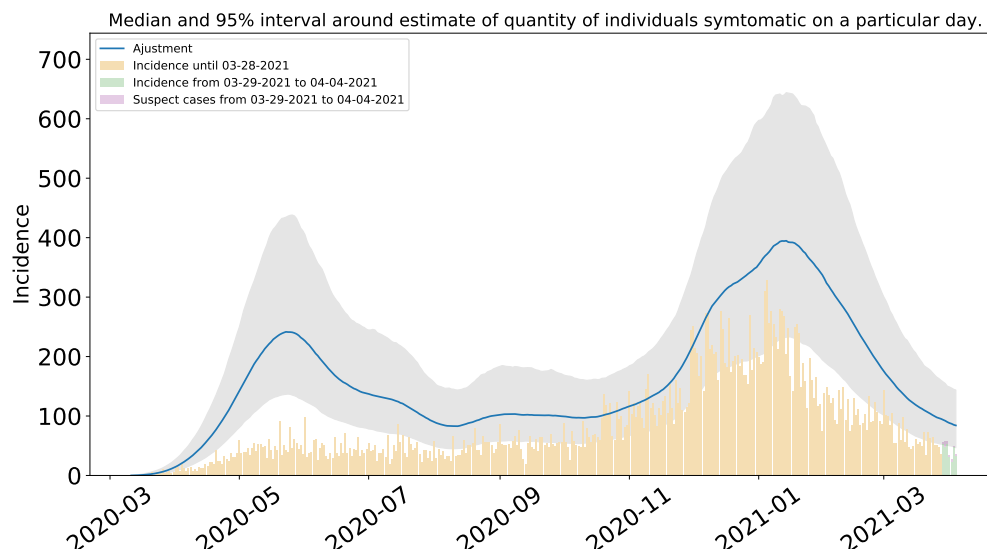


Figura 40: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Cuauhtémoc usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

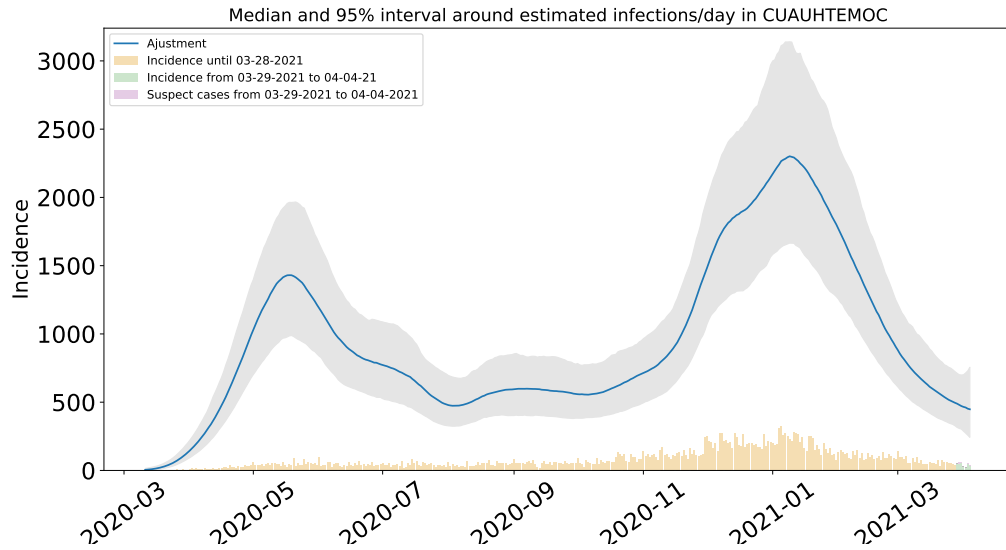


Figura 41: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Cuauhtémoc usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

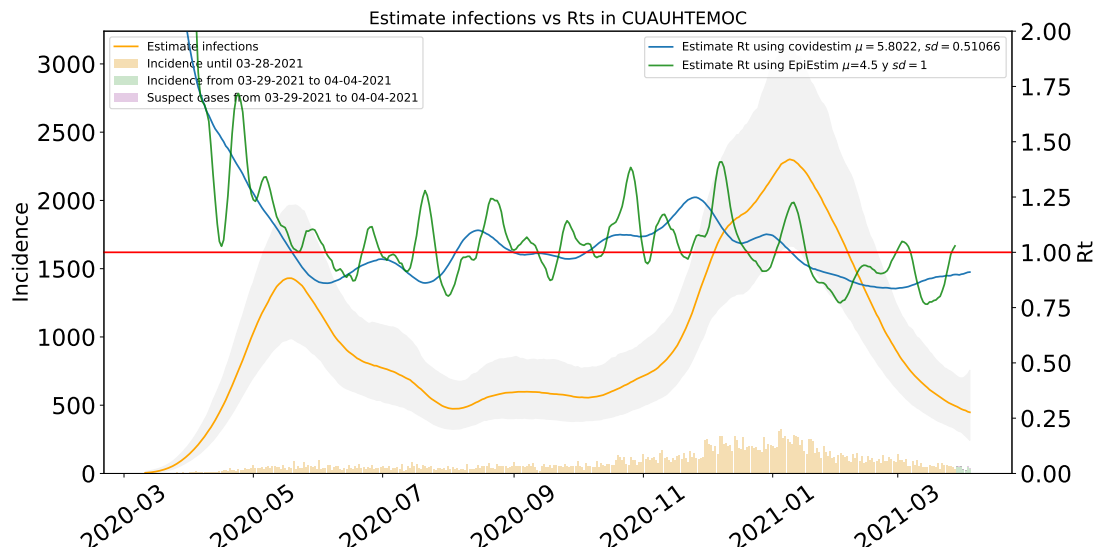


Figura 42:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Cuauhtémoc usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

## 1.8. Estimaciones Gustavo A. Madero

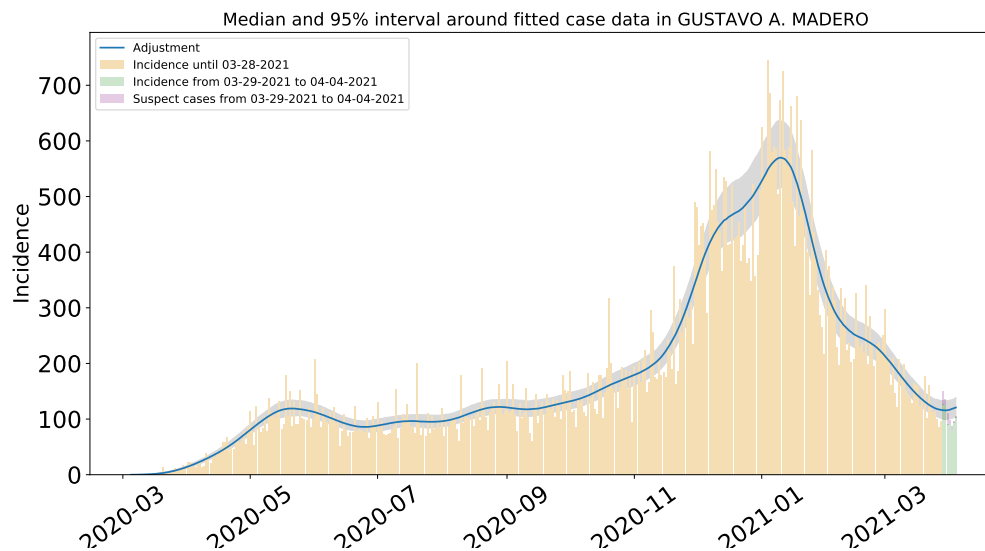


Figura 43: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Gustavo A. Madero usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

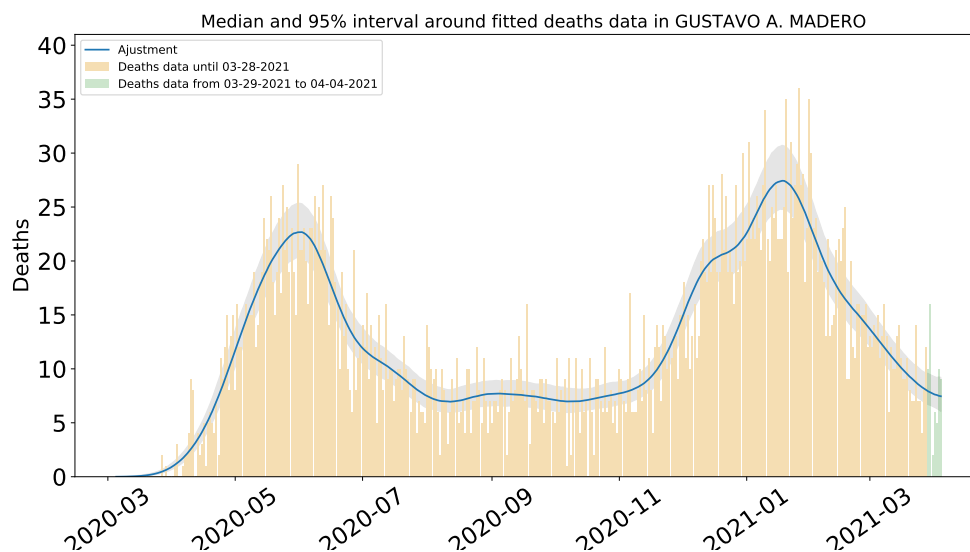


Figura 44: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Gustavo A. Madero usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

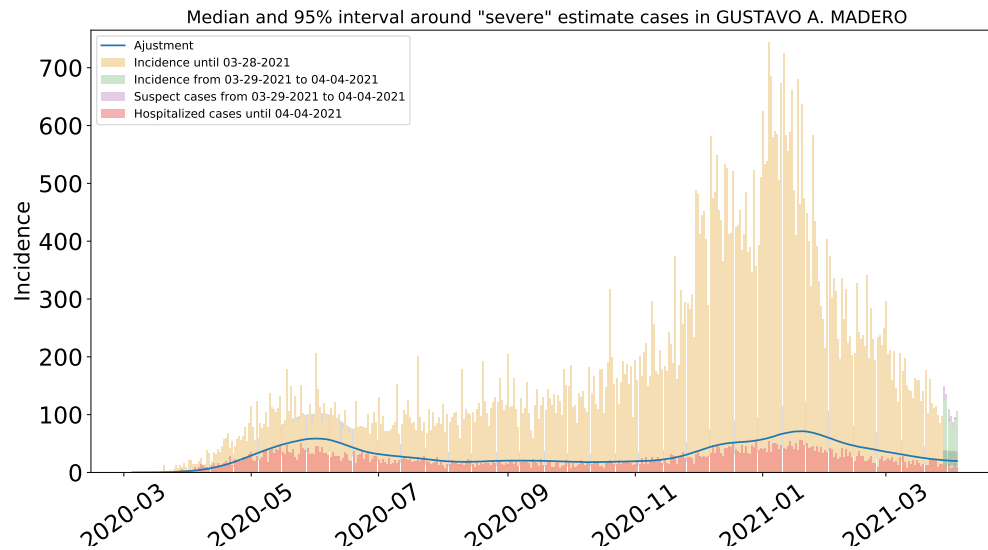


Figura 45: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Gustavo A. Madero usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

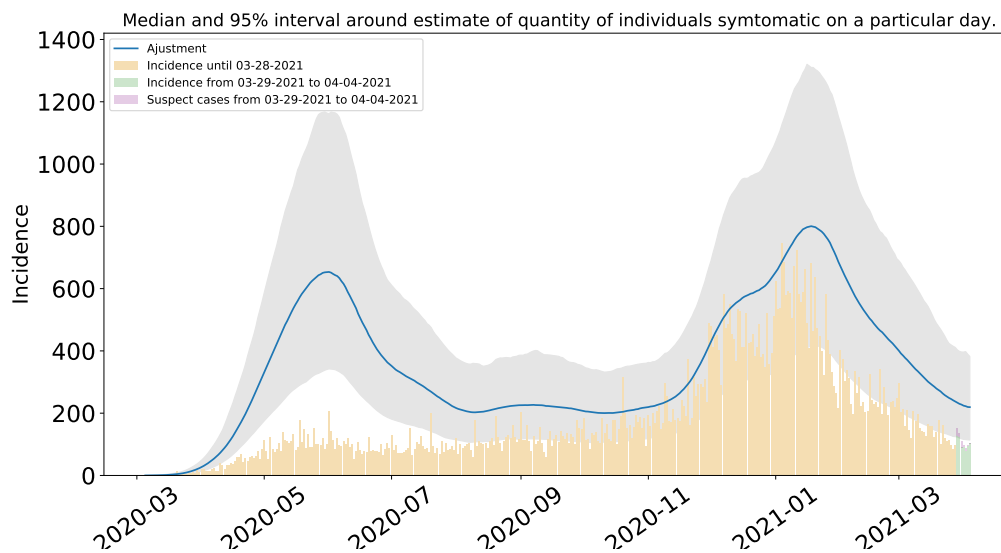


Figura 46: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Gustavo A. Madero usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

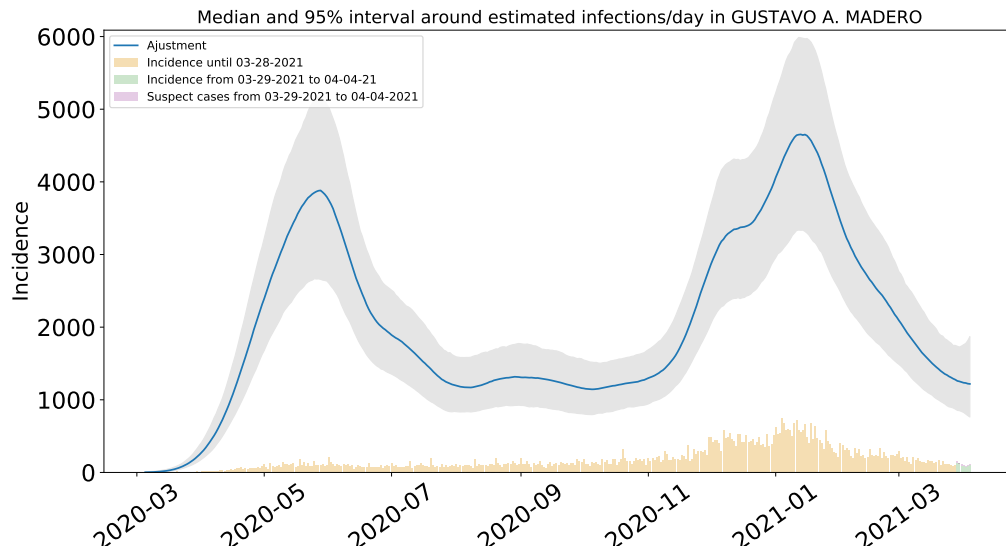


Figura 47: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Gustavo A. Madero usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

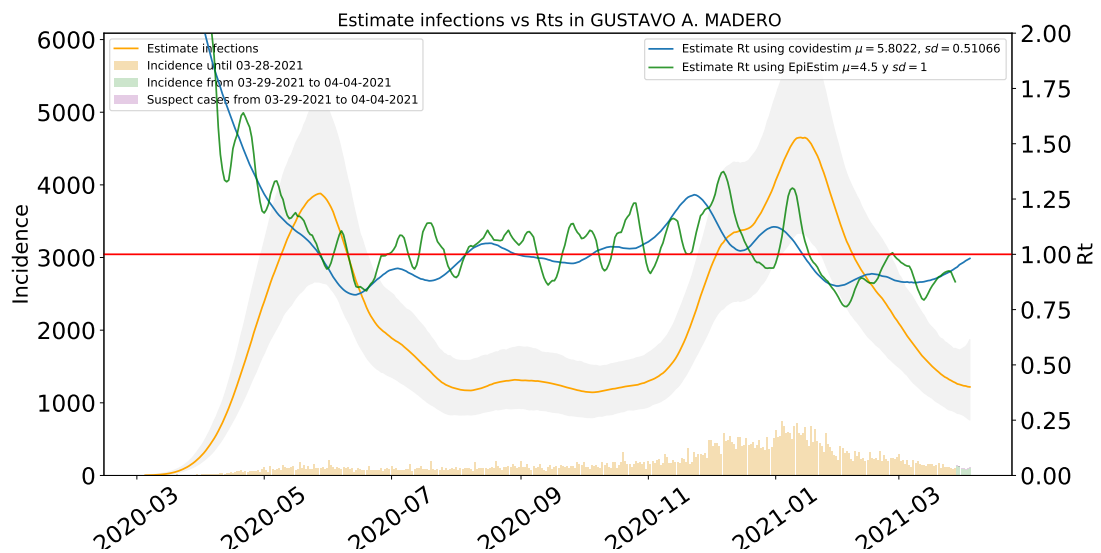


Figura 48:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Gustavo A. Madero usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

## 1.9. Estimaciones Iztacalco

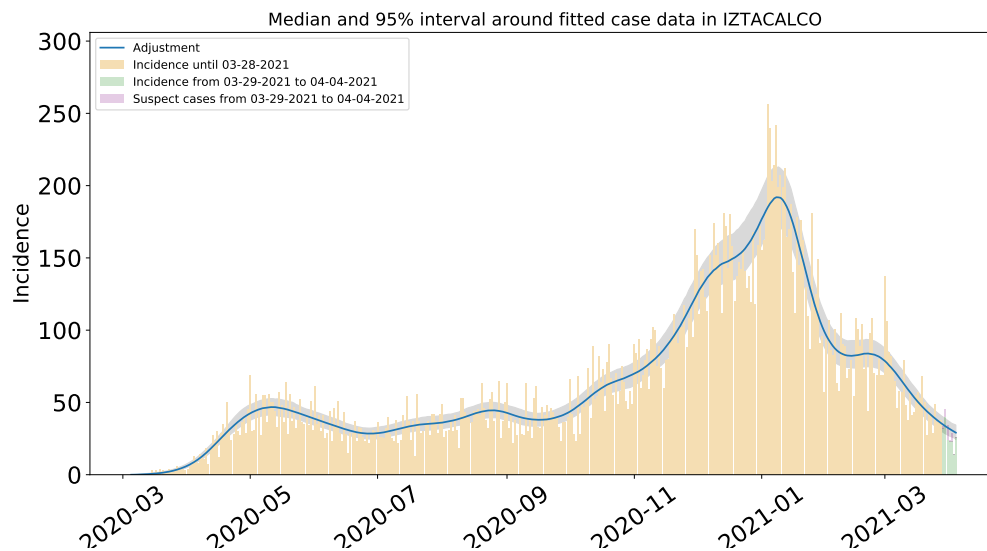


Figura 49: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Iztacalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

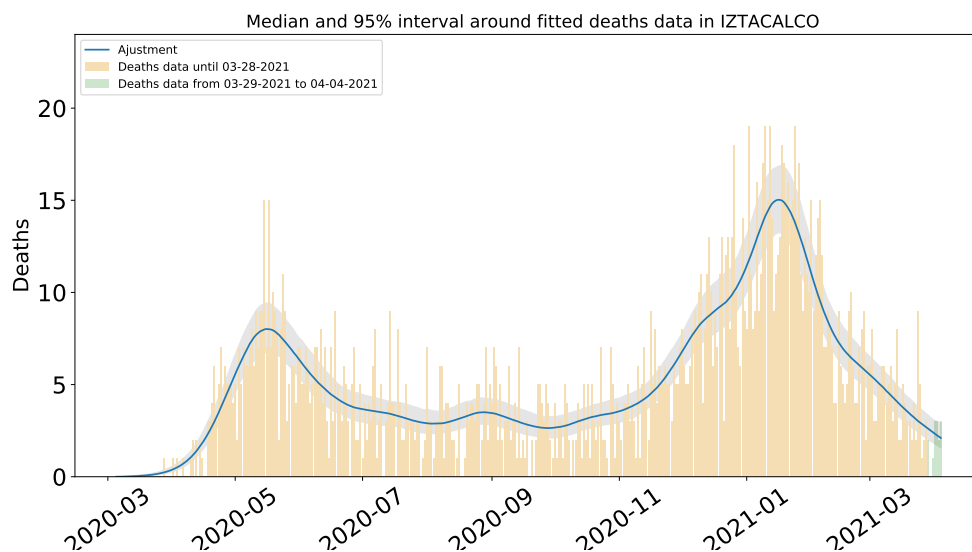


Figura 50: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Iztacalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

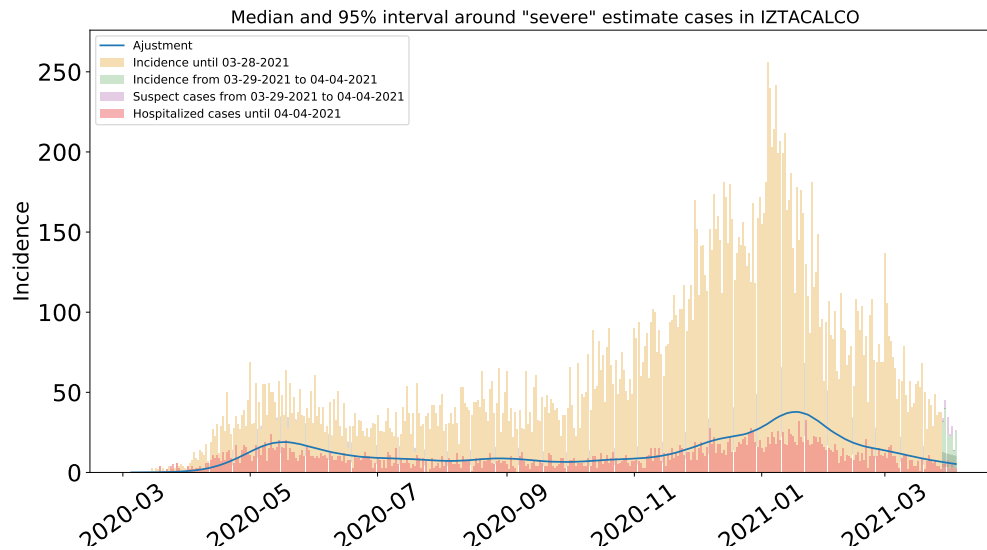


Figura 51: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Iztacalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

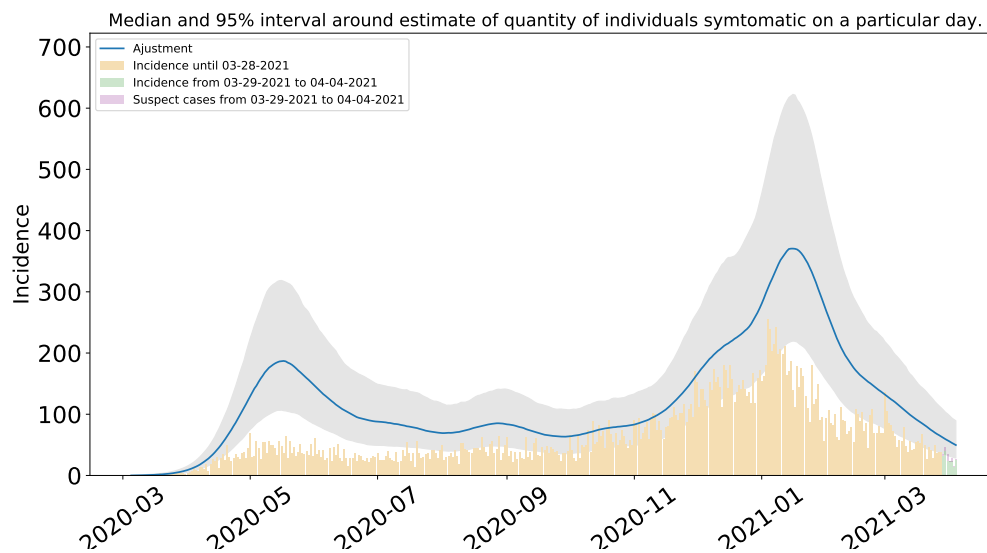


Figura 52: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Iztacalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

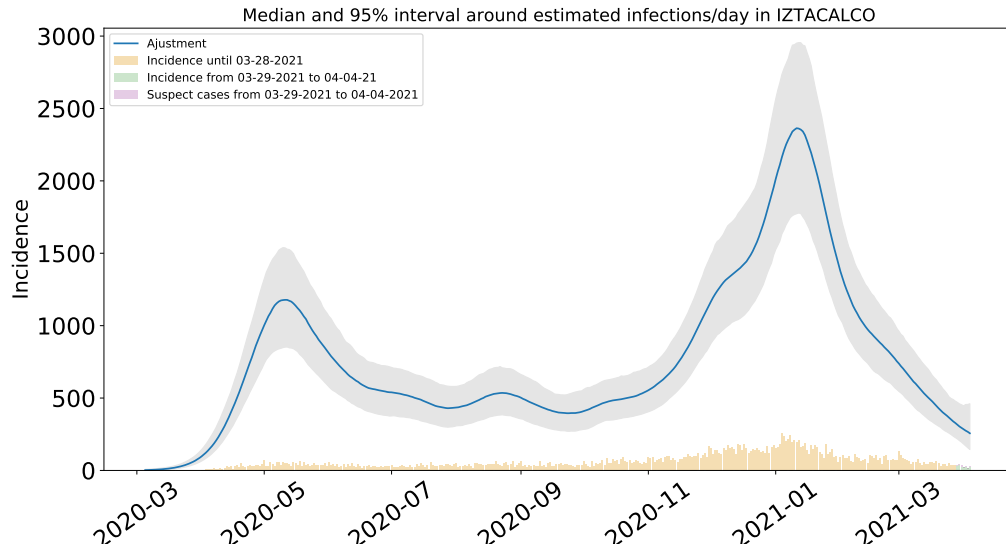


Figura 53: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Iztacalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

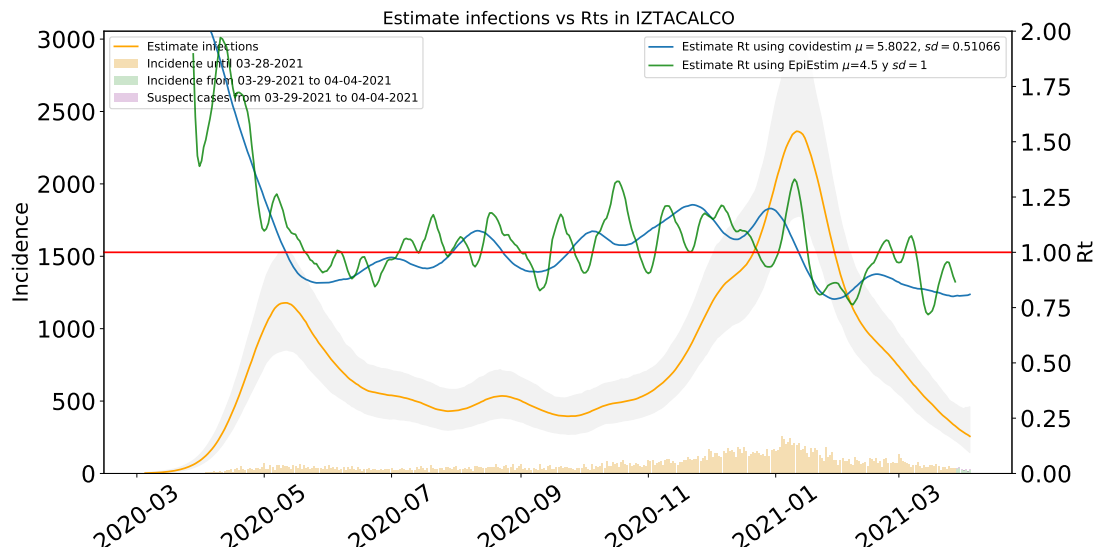


Figura 54:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Iztacalco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

## 1.10. Estimaciones Iztapalapa

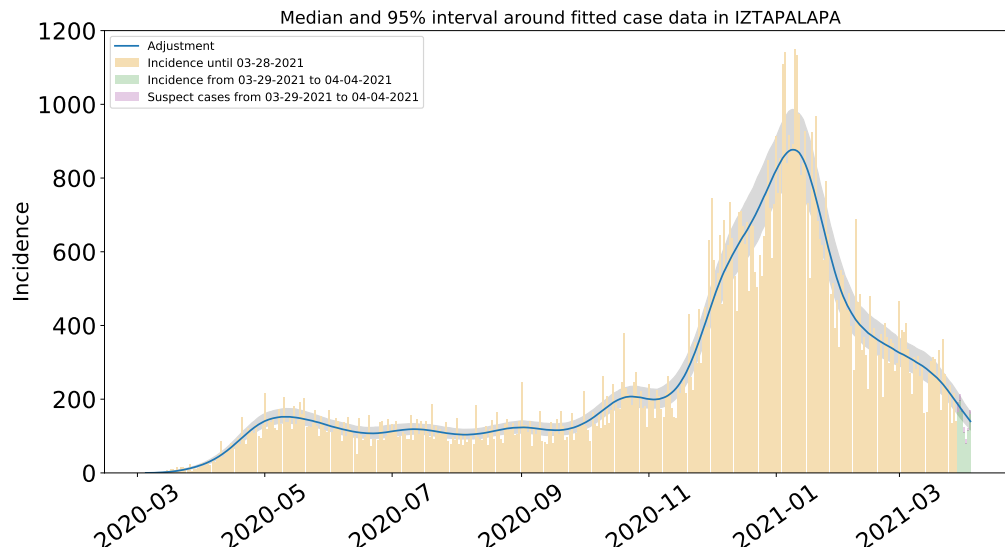


Figura 55: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Iztapalapa usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

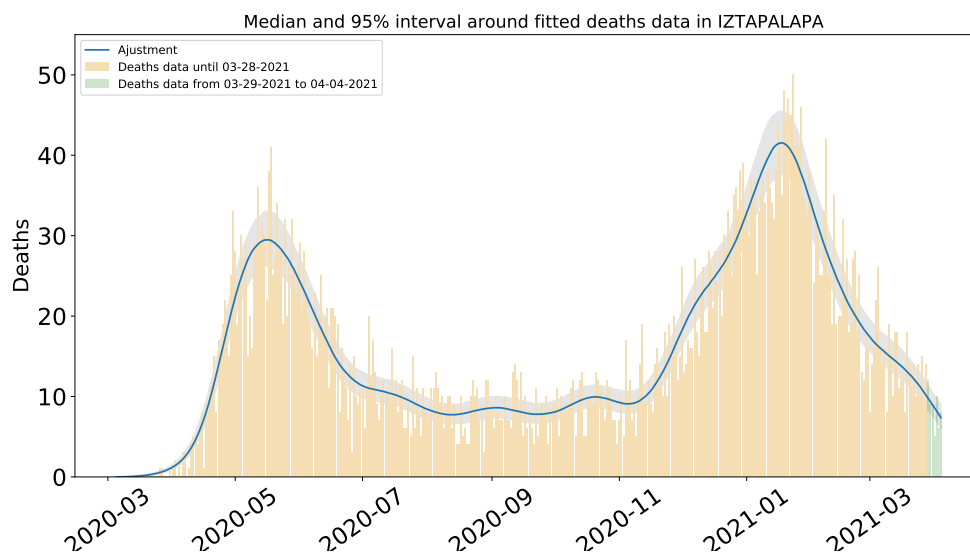


Figura 56: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Iztapalapa usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

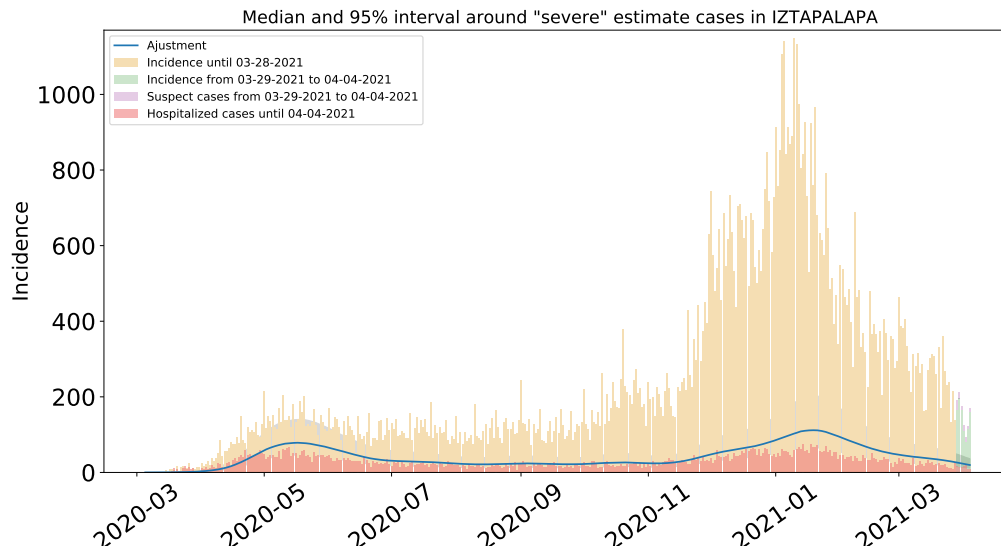


Figura 57: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Iztapalapa usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

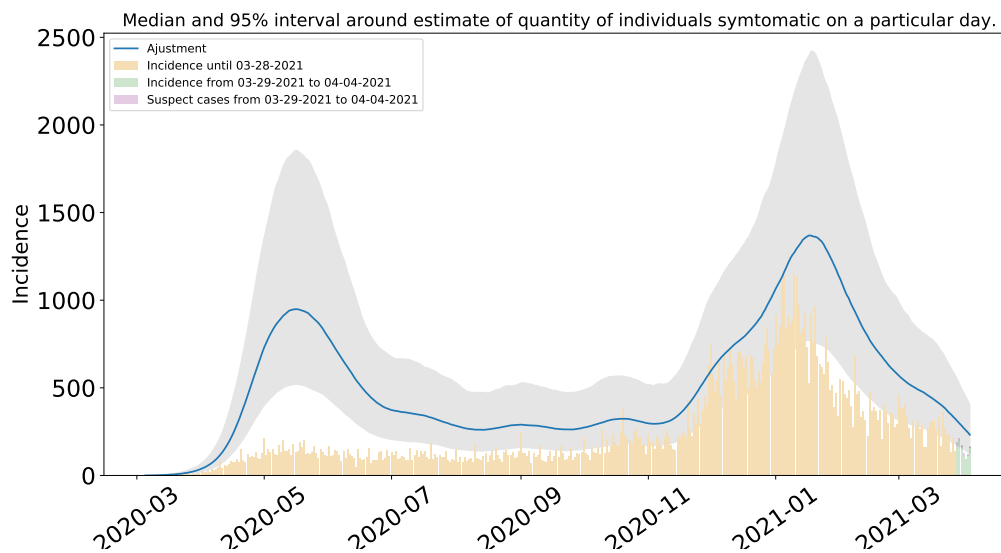


Figura 58: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Iztapalapa usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

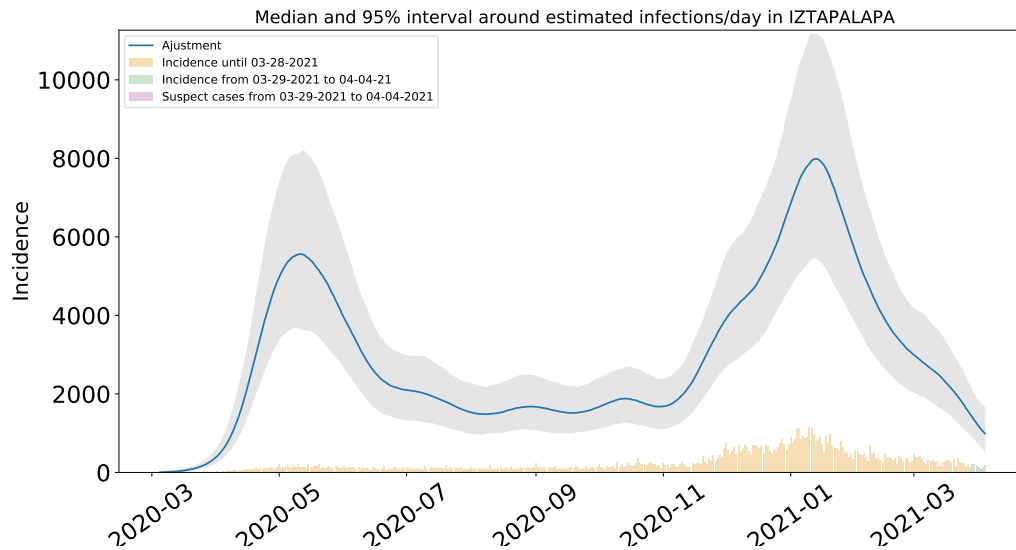


Figura 59: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Iztapalapa usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

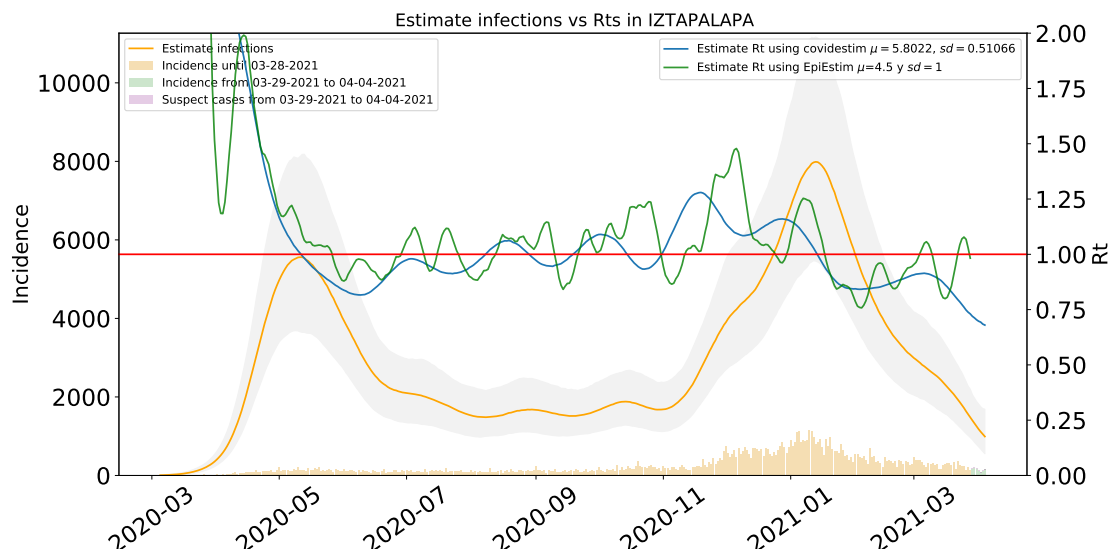


Figura 60:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Iztapalapa usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

### 1.11. Estimaciones Magdalena Contreras

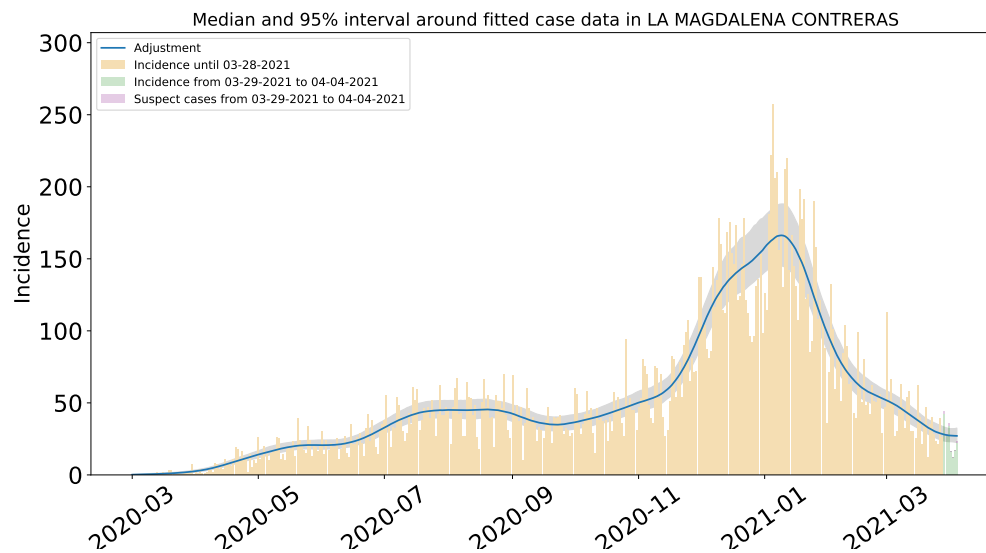


Figura 61: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Magdalena Contreras usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

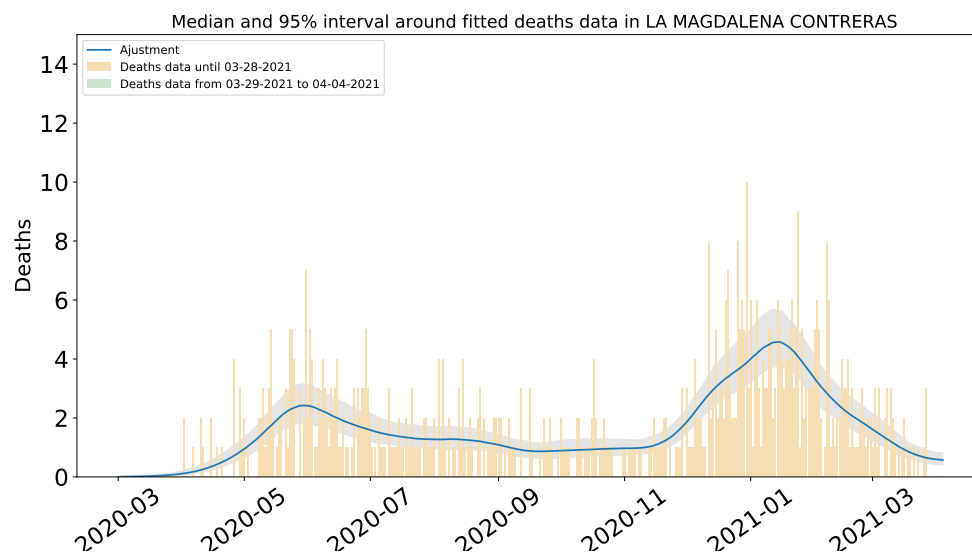


Figura 62: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Magdalena Contreras usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

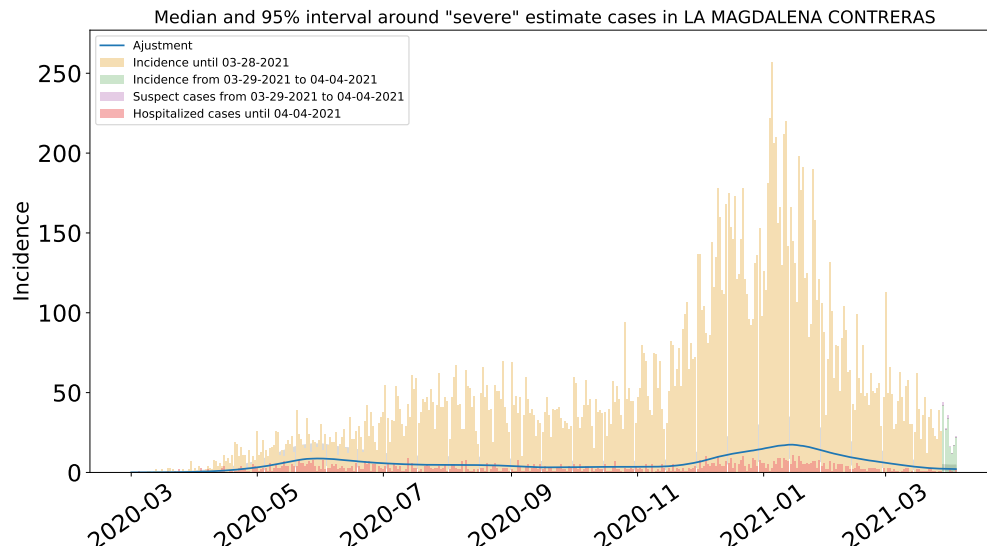


Figura 63: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Magdalena Contreras usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

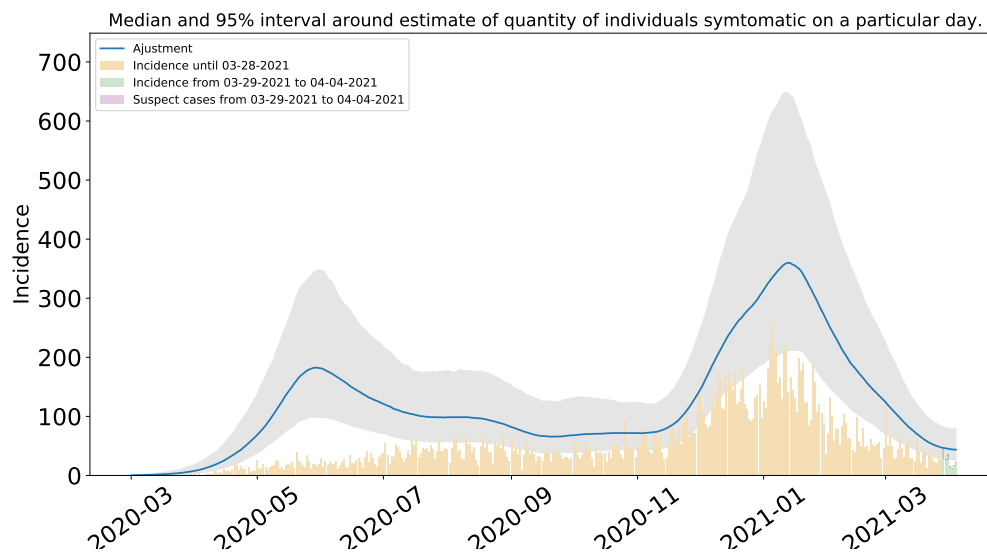


Figura 64: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Magdalena Contreras usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

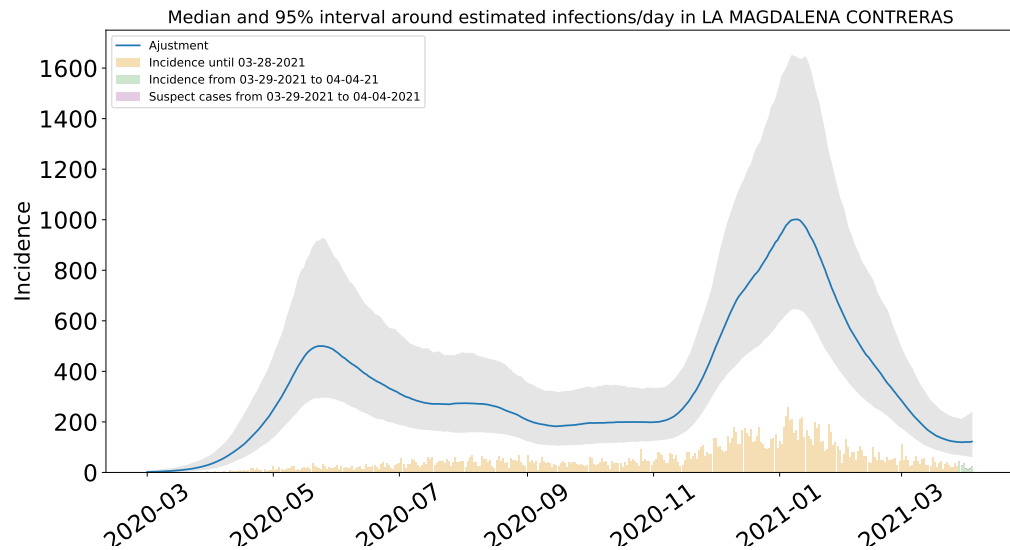


Figura 65: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Magdalena Contreras usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

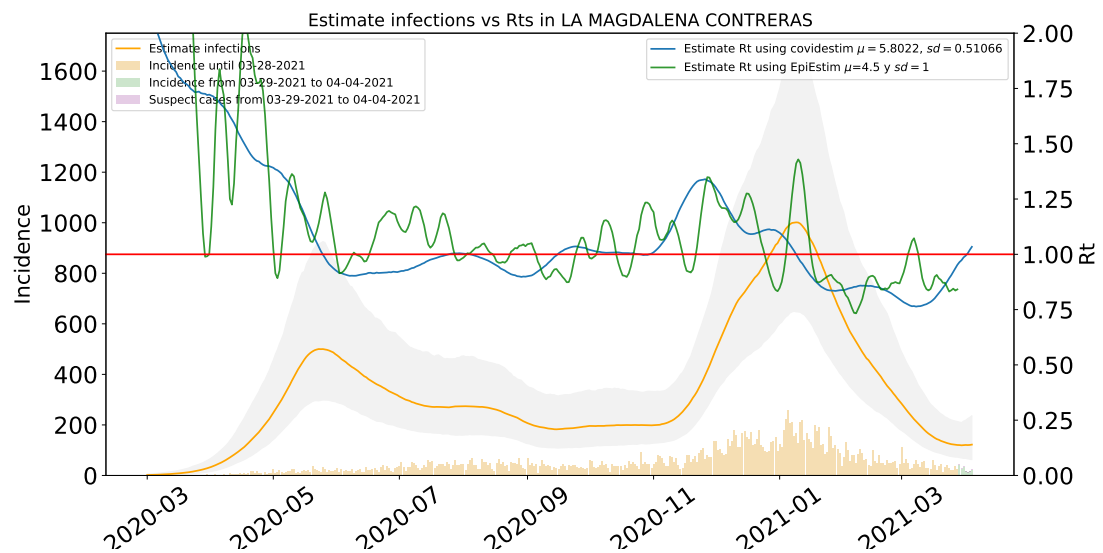


Figura 66:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Magdalena Contreras usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

## 1.12. Estimaciones Miguel Hidalgo

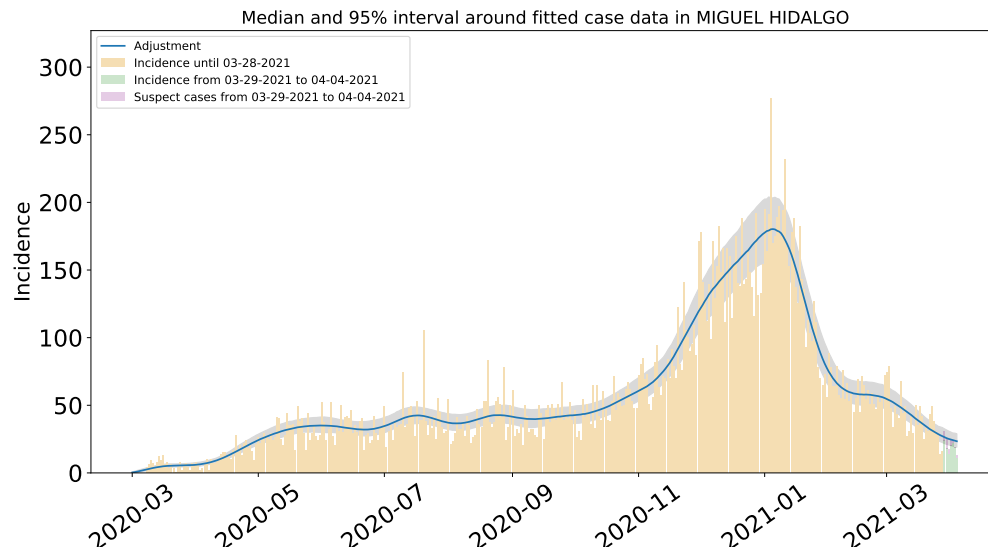


Figura 67: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en en Miguel Hidalgo usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

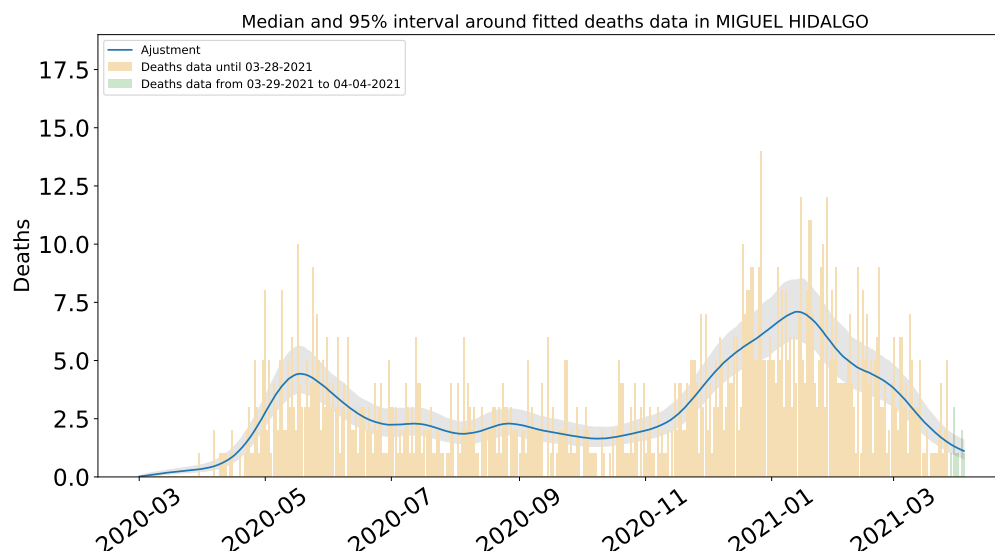


Figura 68: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía en Miguel Hidalgo usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

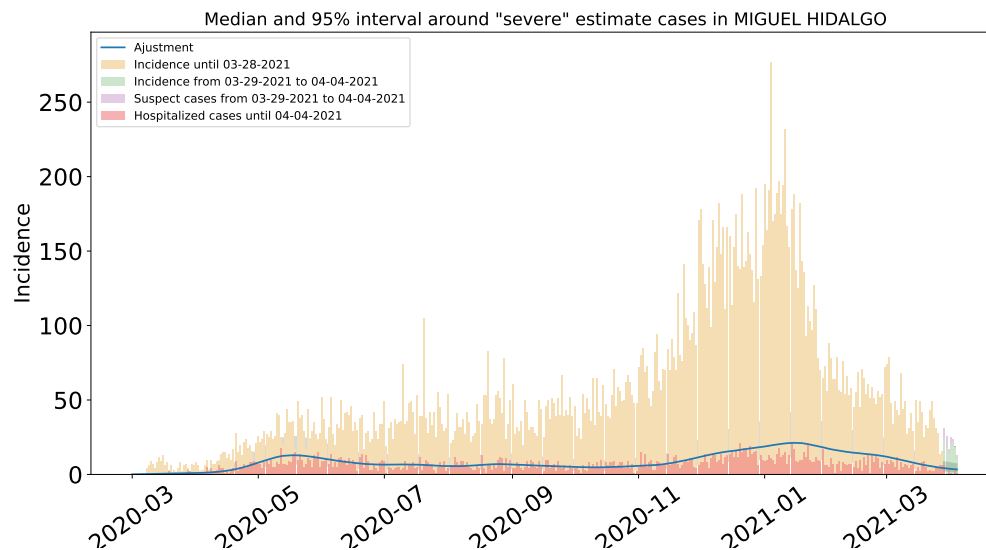


Figura 69: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía en Miguel Hidalgo usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

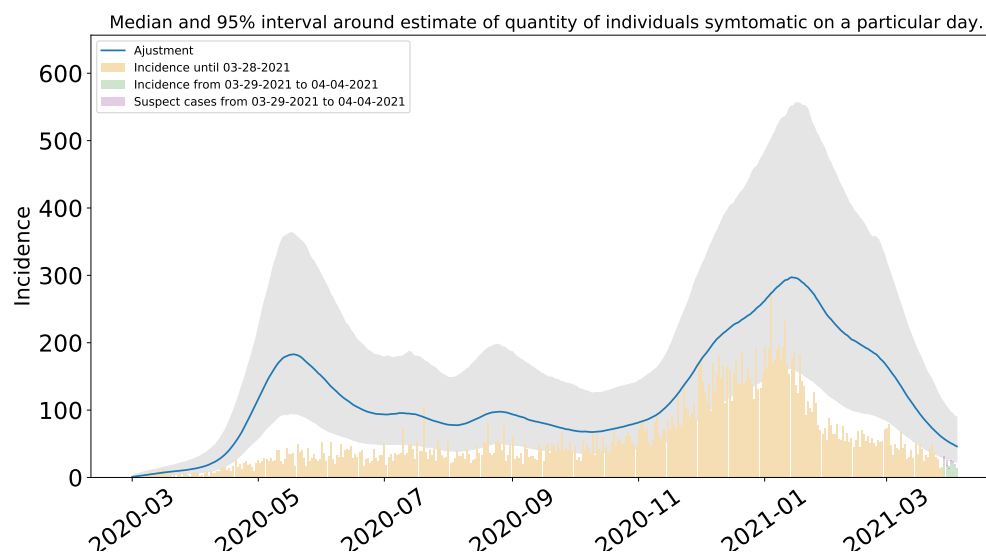


Figura 70: Estimación del número de enfermos sintomáticos en en Miguel Hidalgo usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

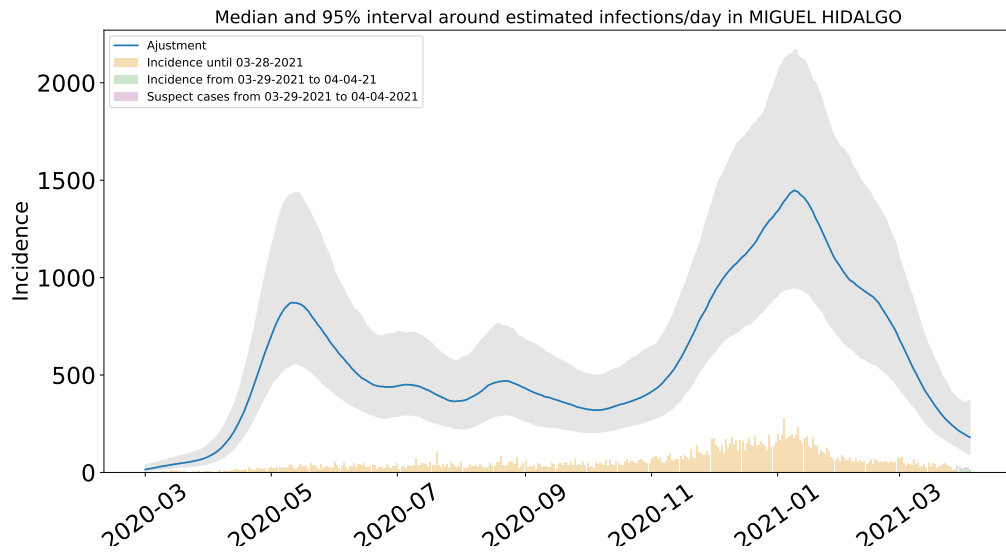


Figura 71: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en en Miguel Hidalgo usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

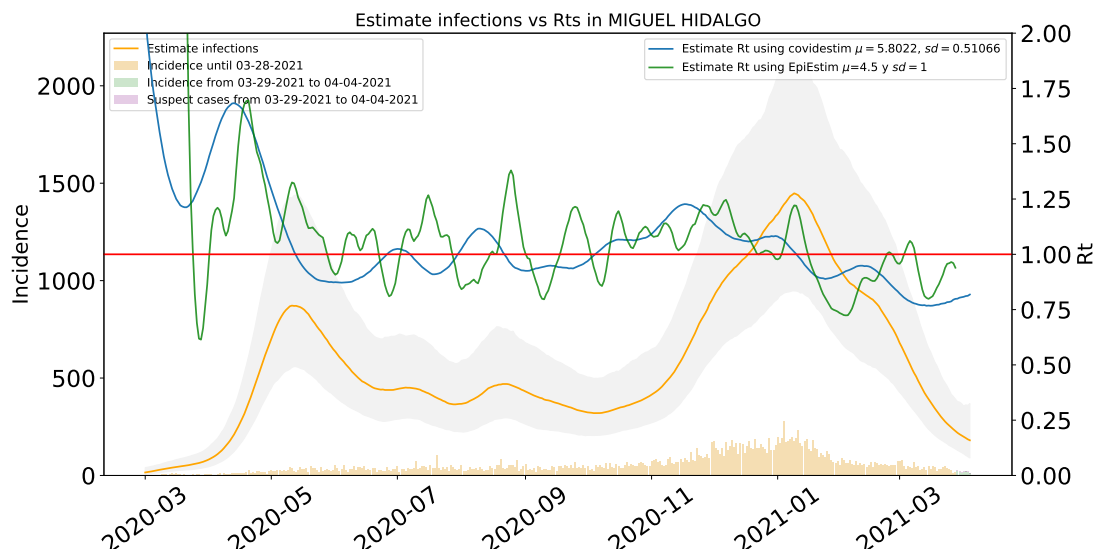


Figura 72:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en en Miguel Hidalgo usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

### 1.13. Estimaciones Milpa Alta

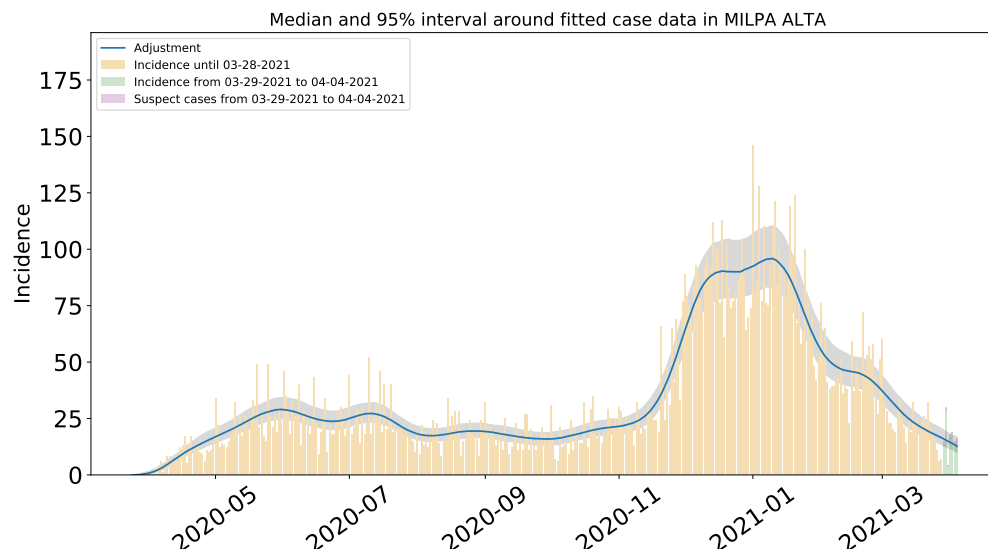


Figura 73: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Milpa Alta usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

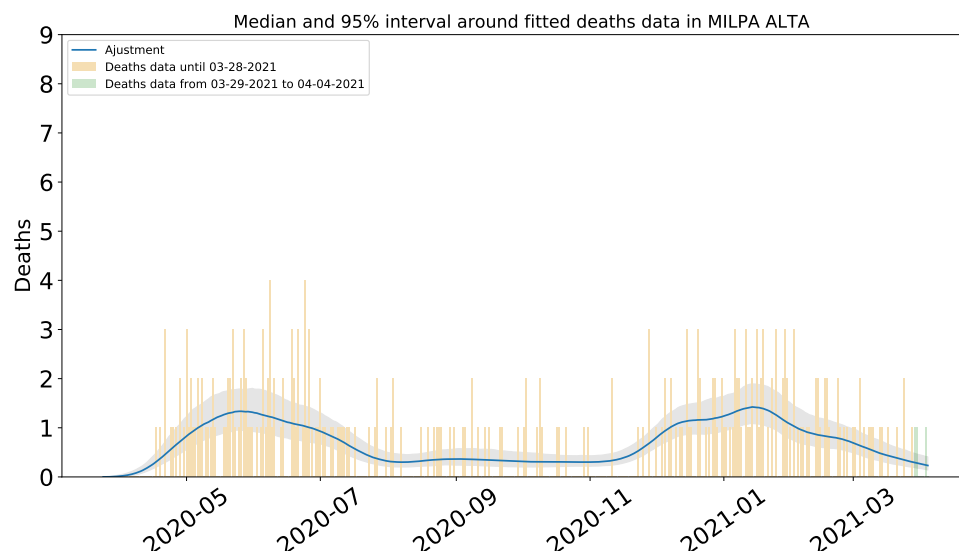


Figura 74: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Milpa Alta usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

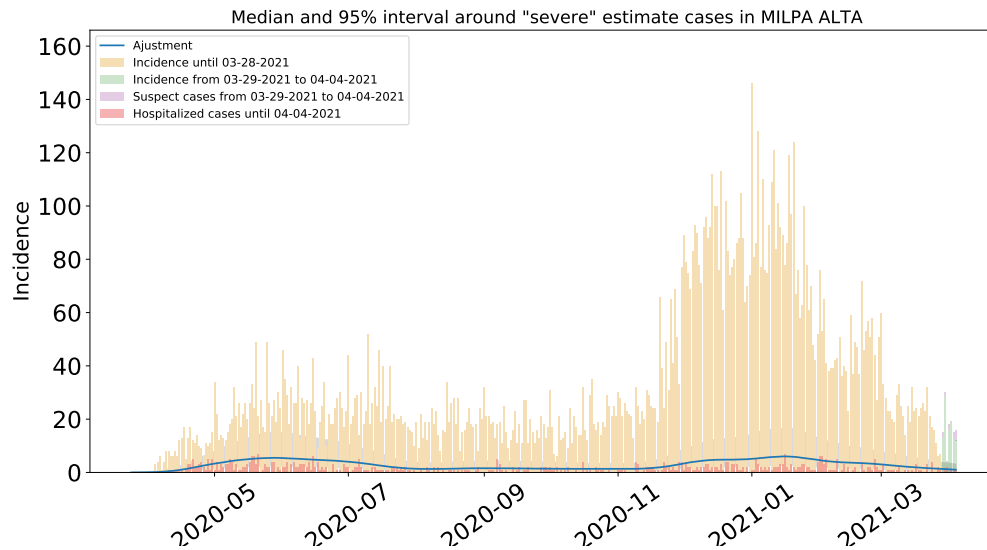


Figura 75: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Milpa Alta usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

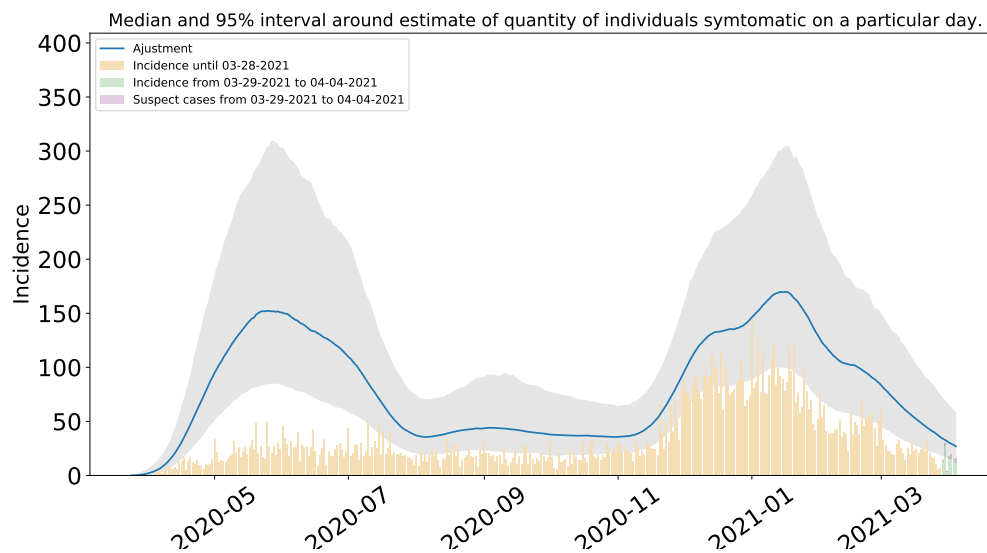


Figura 76: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Milpa Alta usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

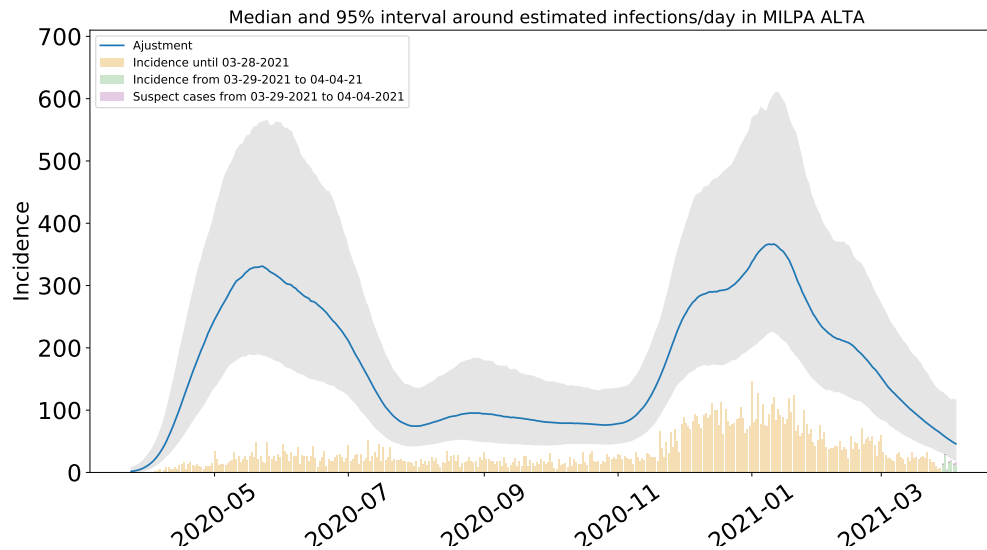


Figura 77: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Milpa Alta usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

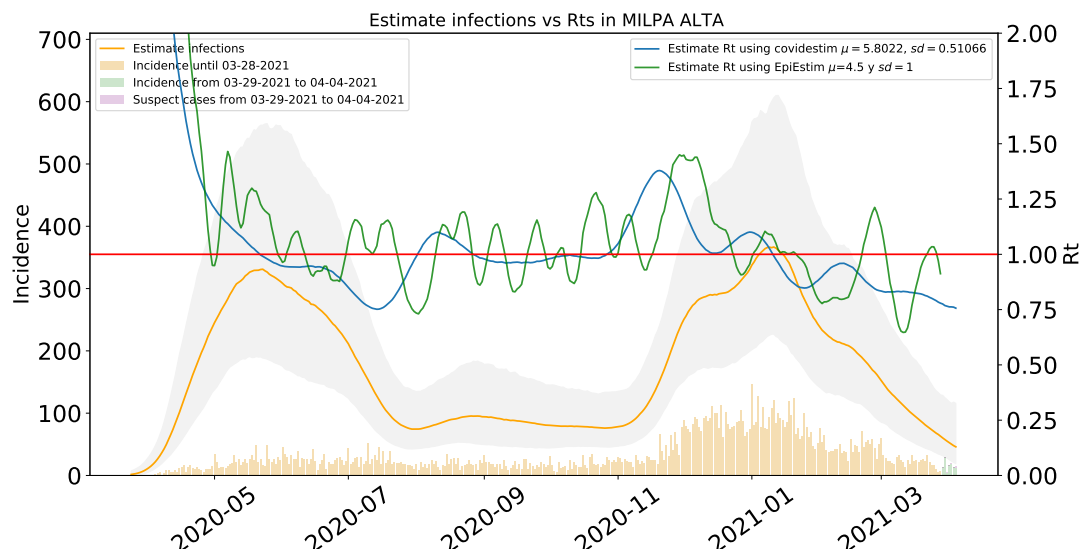


Figura 78:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Milpa Alta usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

## 1.14. Estimaciones Tláhuac

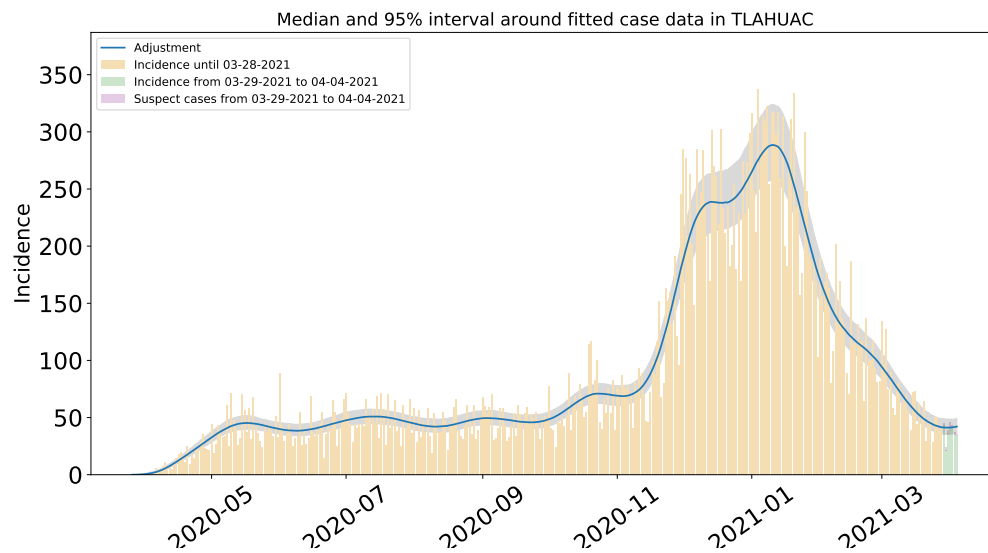


Figura 79: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Tláhuac usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

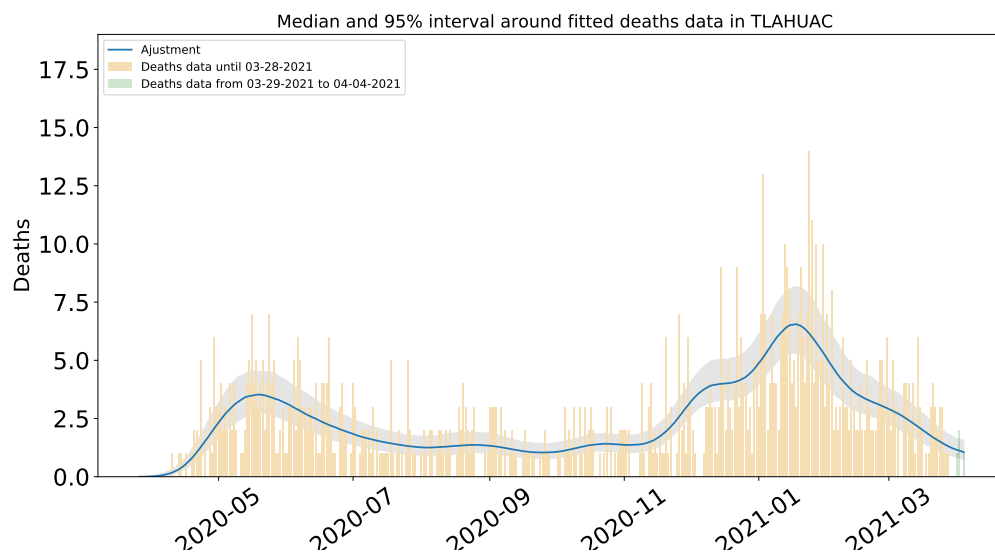


Figura 80: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Tláhuac usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

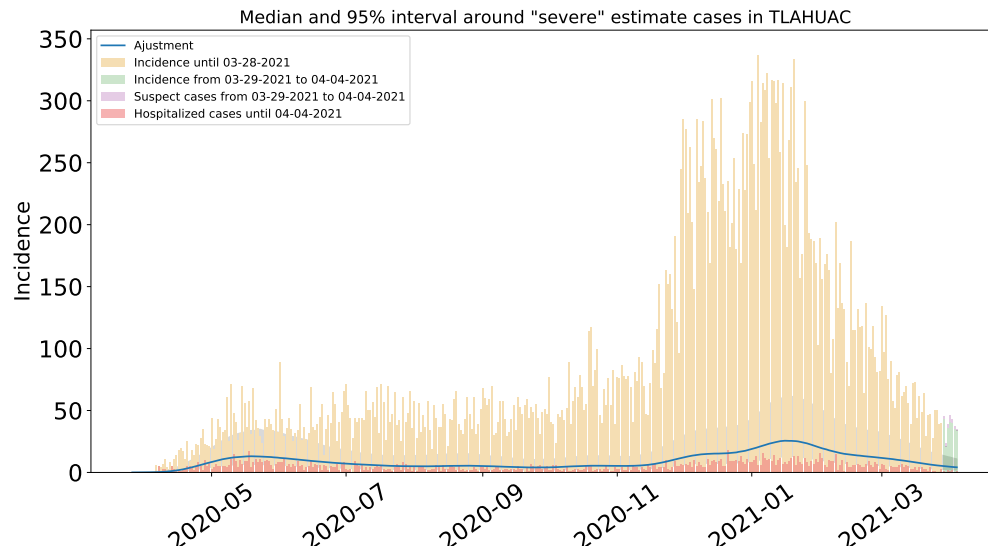


Figura 81: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Tláhuac usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

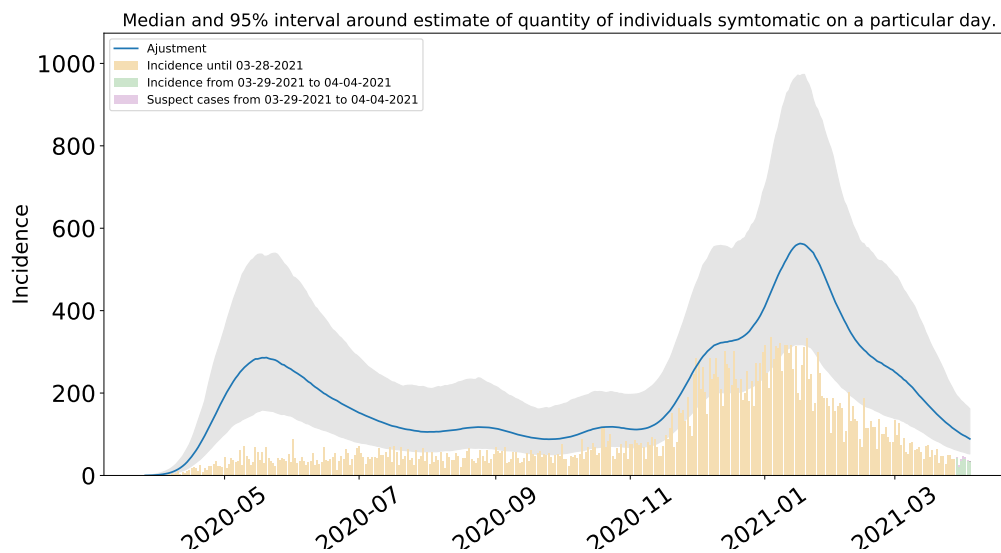


Figura 82: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Tláhuac usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

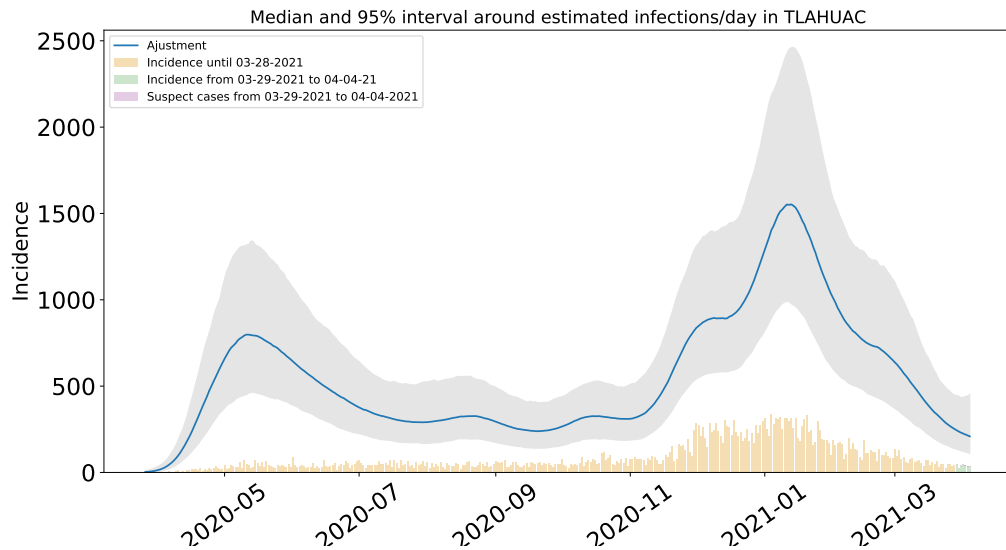


Figura 83: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Tláhuac usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

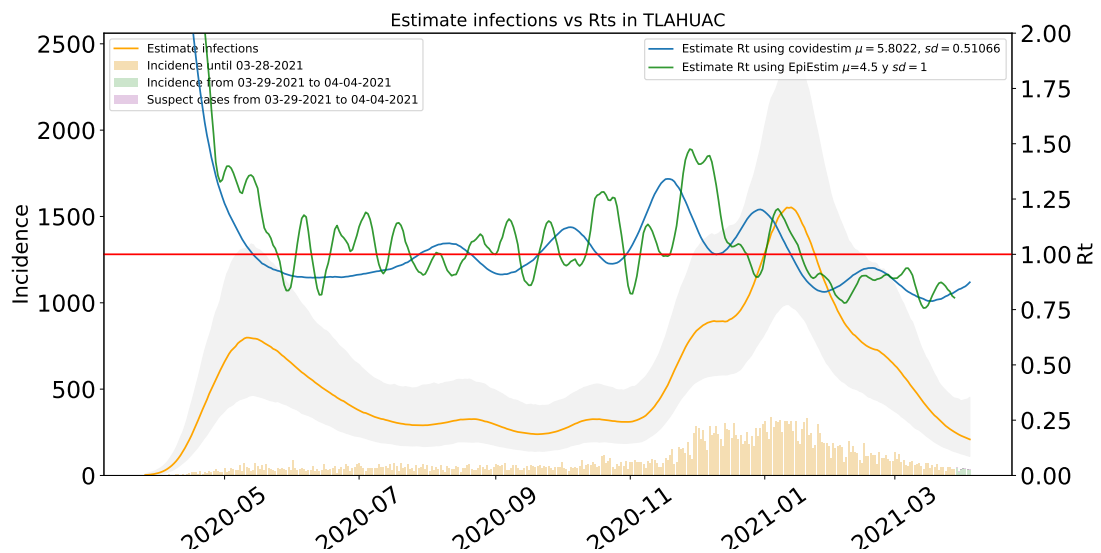


Figura 84:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Tláhuac usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

### 1.15. Estimaciones Tlalpan

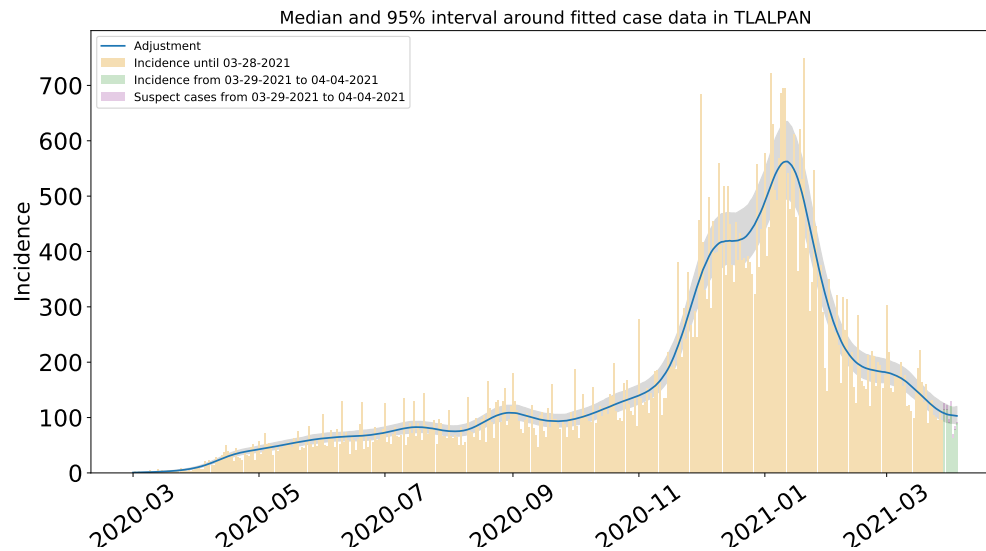


Figura 85: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Tlalpan usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

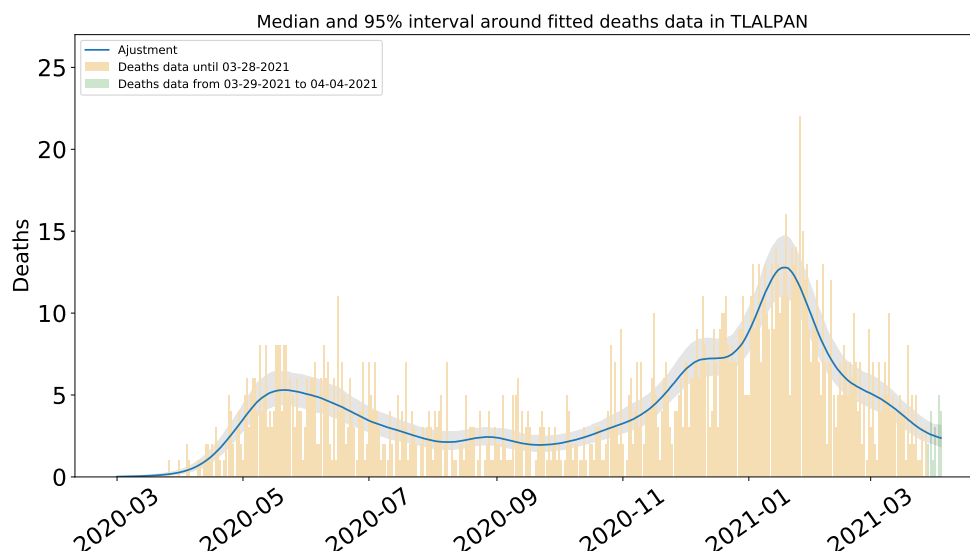


Figura 86: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Tlalpan usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

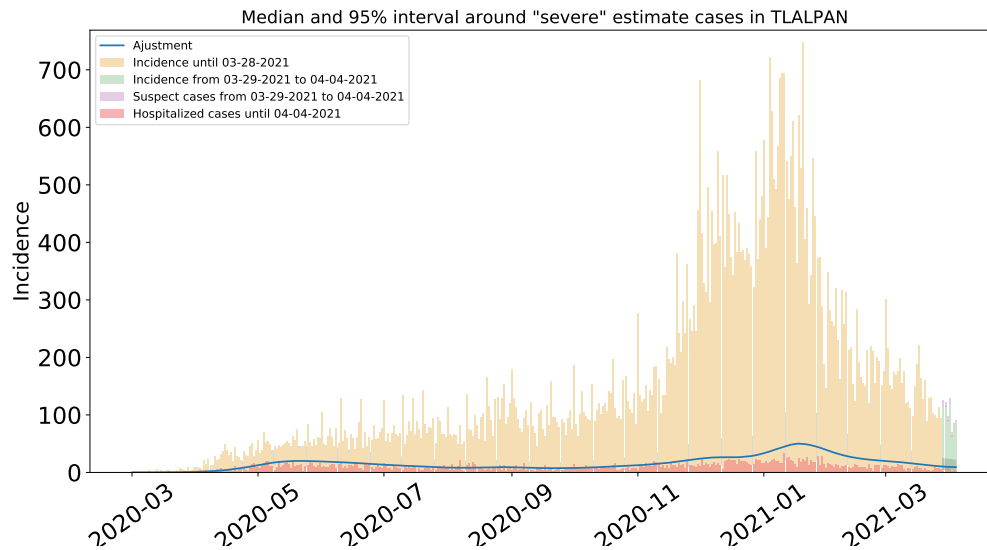


Figura 87: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Tlalpan usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

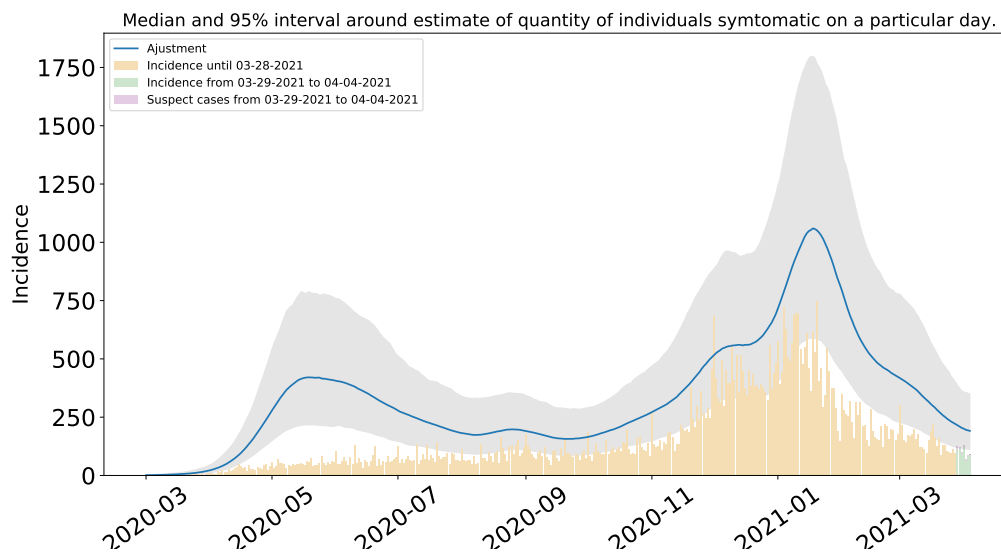


Figura 88: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Tlalpan usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

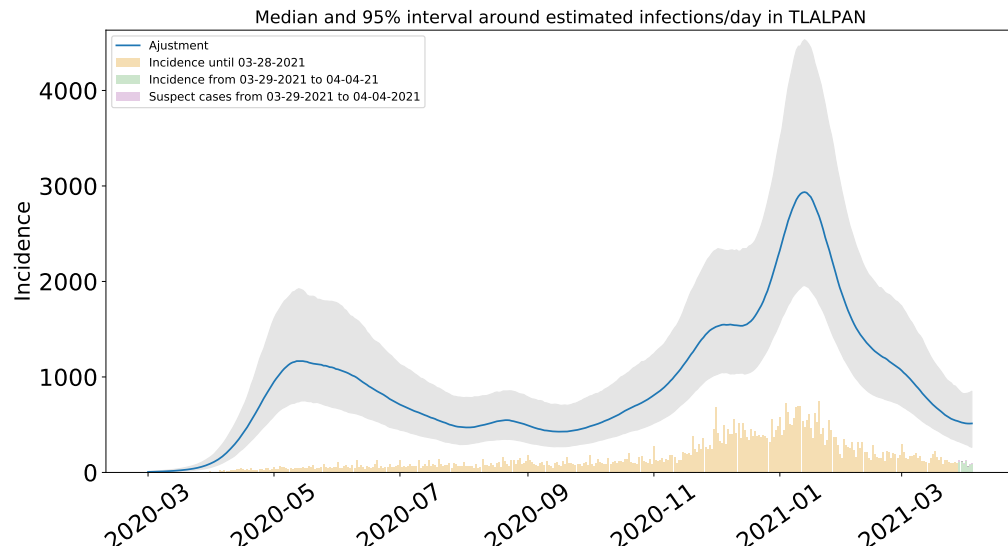


Figura 89: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Tlalpan usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

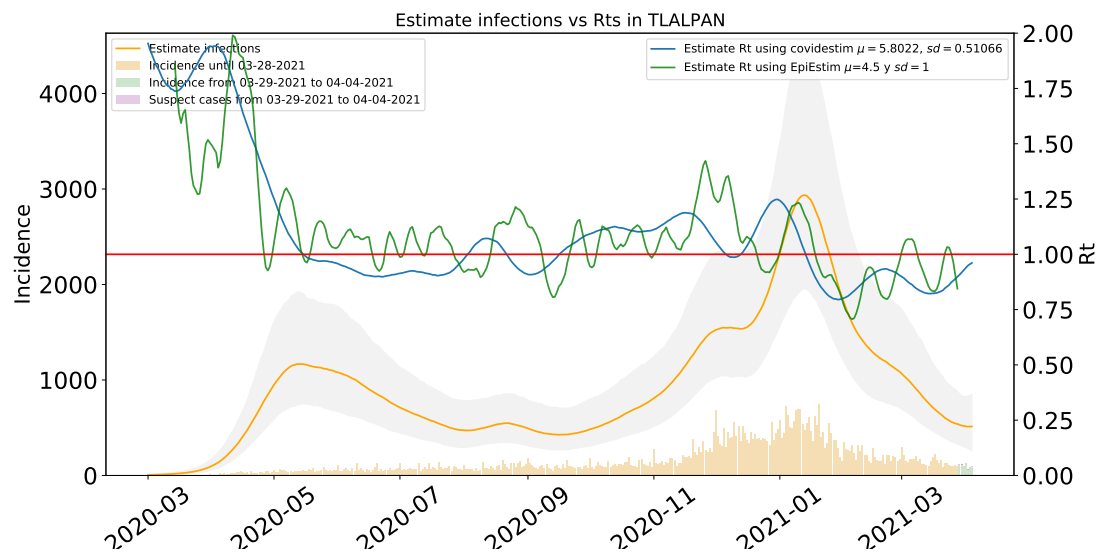


Figura 90:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Tlalpan usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

## 1.16. Estimaciones Xochimilco

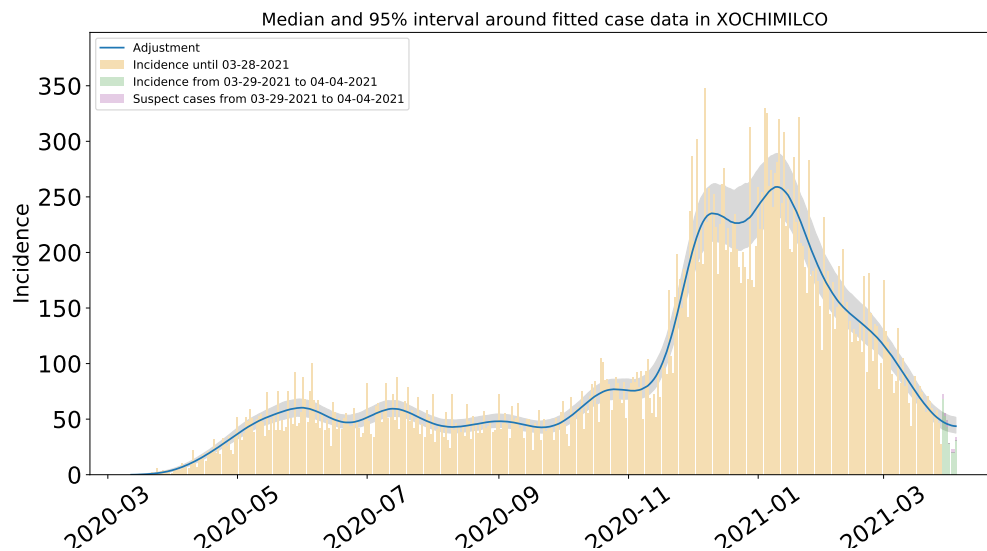


Figura 91: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Xochimilco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

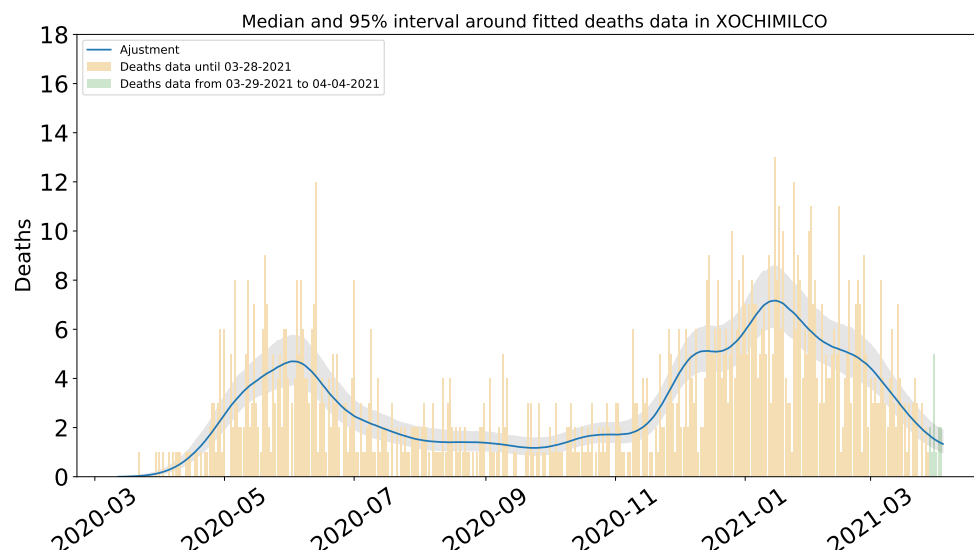


Figura 92: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Xochimilco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

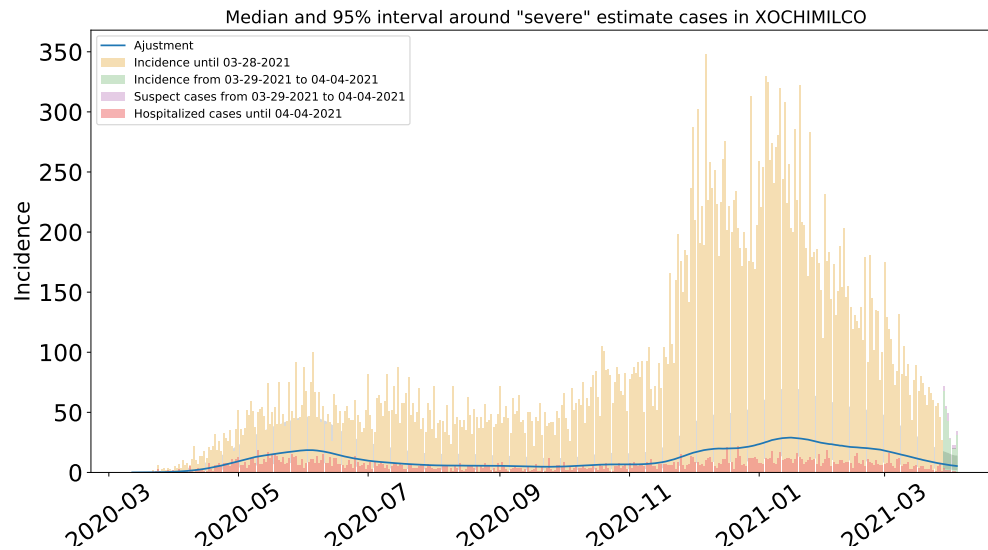


Figura 93: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Xochimilco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

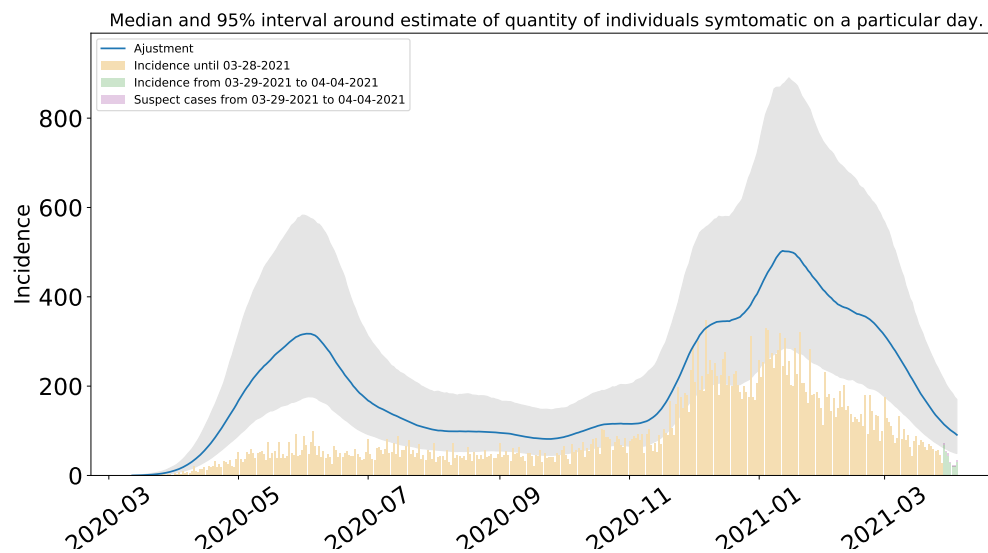


Figura 94: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Xochimilco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

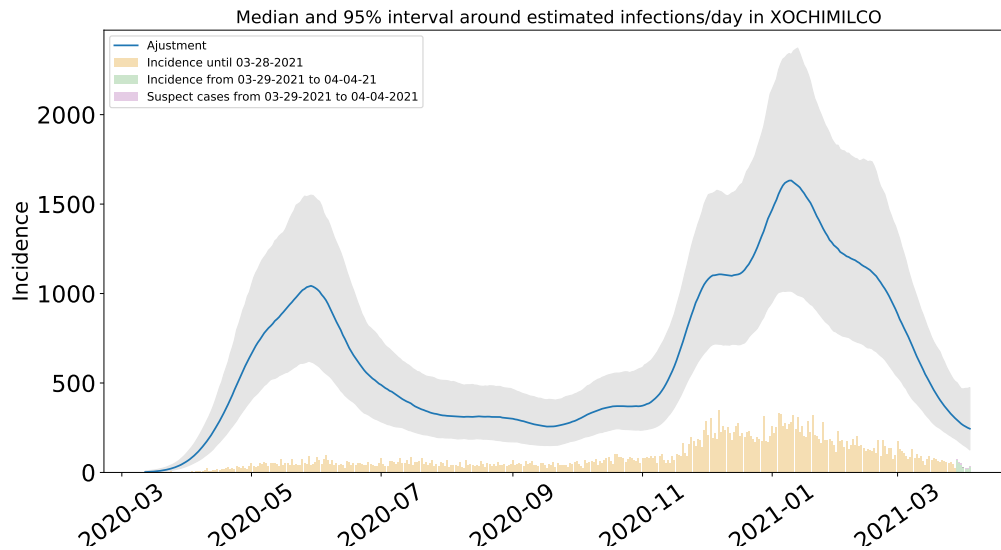


Figura 95: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Xochimilco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

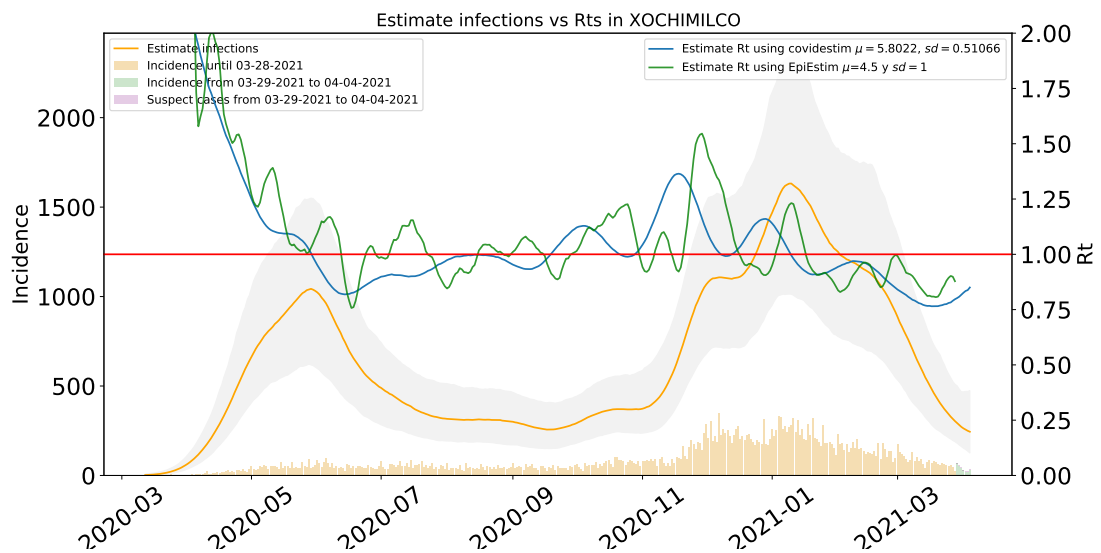


Figura 96:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Xochimilco usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

### 1.17. Estimaciones Venustiano Carranza

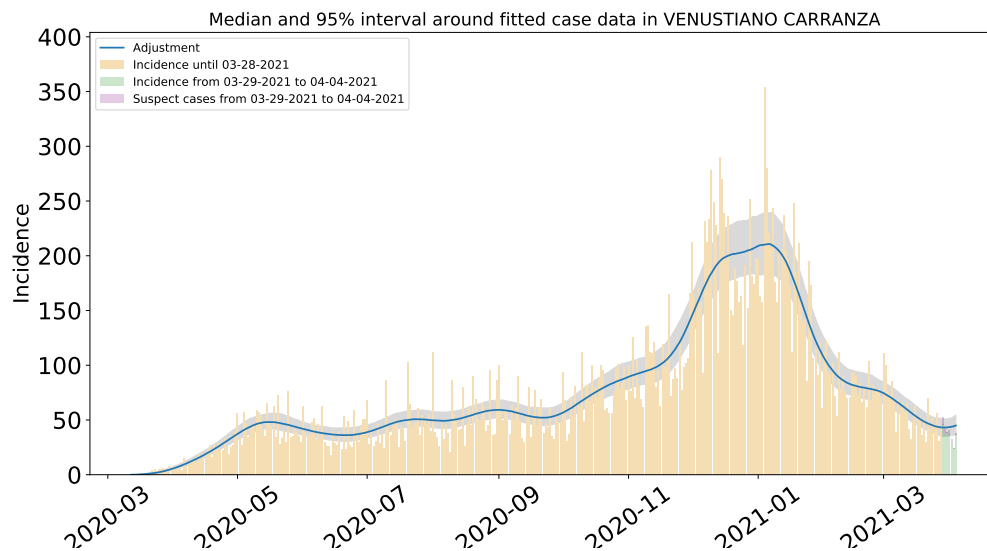


Figura 97: Ajuste y estimación de casos positivos de COVID-19 por inicio de síntomas en Venustiano Carranza usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

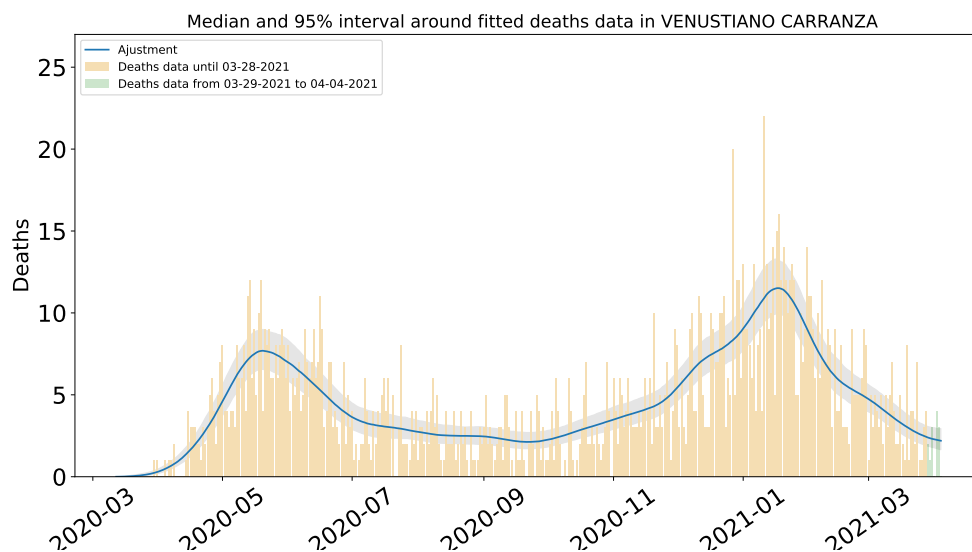


Figura 98: Ajuste y estimación de defunciones por COVID-19 para la alcaldía Venustiano Carranza usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

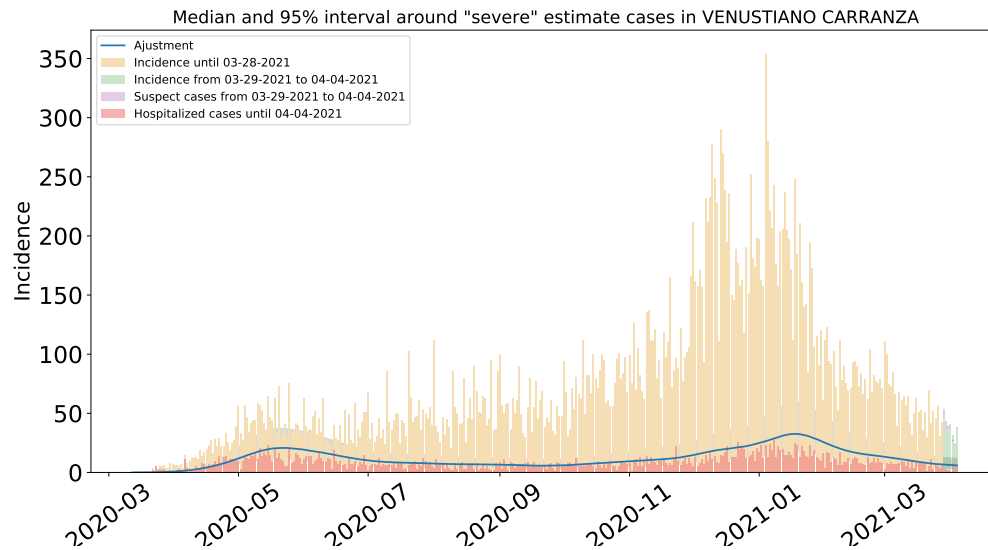


Figura 99: Estimación de casos severos de COVID-19 en la alcaldía Venustiano Carranza usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

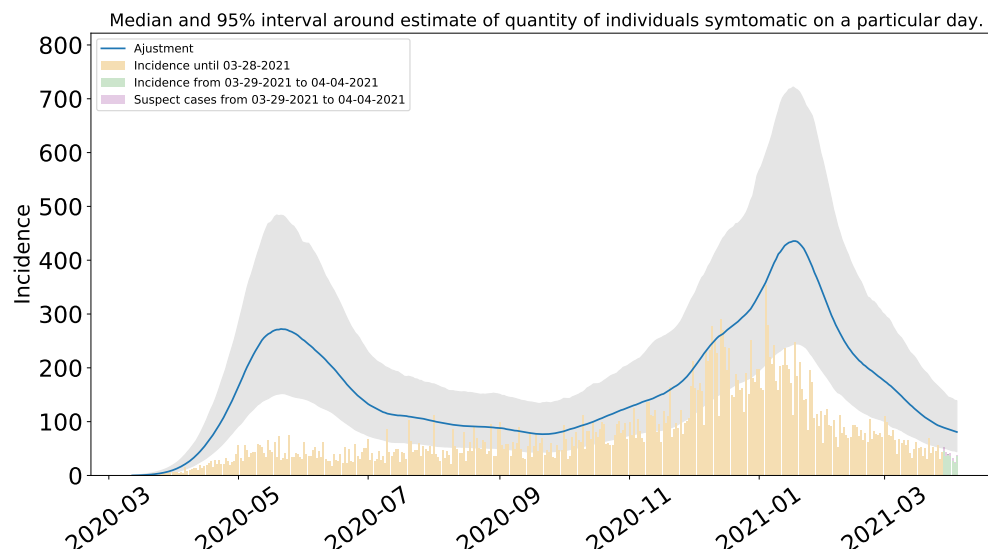


Figura 100: Estimación del número de enfermos sintomáticos en Venustiano Carranza usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

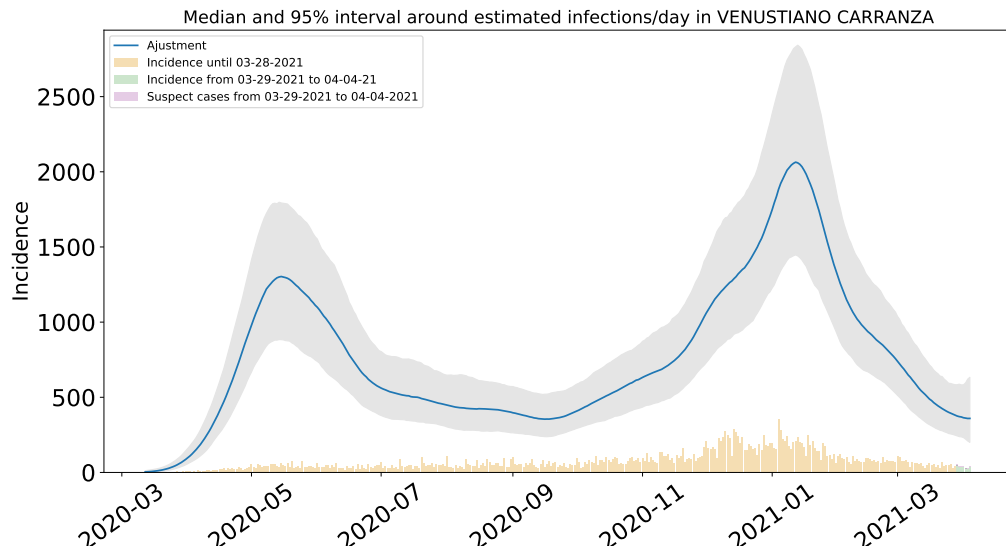


Figura 101: Estimación de infecciones diarias por COVID-19 en Venustiano Carranza usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.

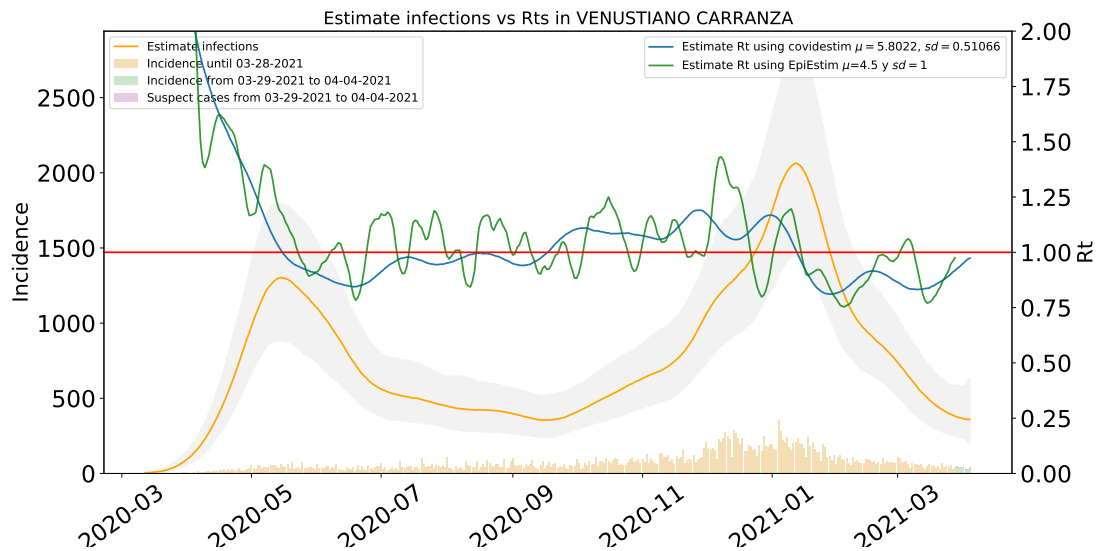


Figura 102:  $R_t$  y total de infecciones estimadas en Venustiano Carranza usando la paquetería covidestim con las densidades a priori nacionales y datos actualizados el 11 de abril de 2021, recortados hasta el 04 de abril de 2021.



## 2. Cuadros resumen con estimaciones puntuales de principales indicadores

| Lugar                                   | CDMX       | AZCAPOTZALCO | COYOACAN   | CUAJIMALPA_DE_MORELOS | GUSTAVO_A._MADERO | IZTACALCO  |
|-----------------------------------------|------------|--------------|------------|-----------------------|-------------------|------------|
| Fecha                                   | 2021-04-04 | 2021-04-04   | 2021-04-04 | 2021-04-04            | 2021-04-04        | 2021-04-04 |
| Incidencia ajustada (Máximo)            | 1089.80    | 54.62        | 67.74      | 15.89                 | 138.62            | 34.38      |
| Incidencia ajustada (Mediana)           | 932.66     | 45.87        | 56.88      | 11.42                 | 120.82            | 29.08      |
| Incidencia ajustada (Mínimo)            | 792.66     | 38.21        | 48.63      | 8.30                  | 104.13            | 24.51      |
| Incidencia total estimada (Máximo)      | 8011.18    | 542.70       | 1023.08    | 161.08                | 1869.69           | 460.47     |
| Incidencia total estimada (Mediana)     | 5402.42    | 327.99       | 547.32     | 69.66                 | 1218.54           | 256.67     |
| Incidencia total estimada (Mínimo)      | 3690.47    | 187.55       | 320.50     | 30.11                 | 762.78            | 144.47     |
| Incidencia acumulada ajustada (Máximo)  | 7698531.42 | 399855.90    | 532437.43  | 146706.90             | 1017461.47        | 364692.57  |
| Incidencia acumulada ajustada (Mediana) | 5878253.66 | 334610.81    | 409146.01  | 101346.15             | 811706.71         | 303752.34  |
| Incidencia acumulada ajustada (Mínimo)  | 4293894.52 | 253415.76    | 294262.61  | 67116.25              | 592253.28         | 236154.67  |
| Defunciones ajustadas (Máximo)          | 41.93      | 3.54         | 3.93       | 0.65                  | 9.21              | 2.91       |
| Defunciones ajustadas (Mediana)         | 37.52      | 2.68         | 2.99       | 0.39                  | 7.49              | 2.11       |
| Defunciones ajustadas (Mínimo)          | 33.64      | 2.01         | 2.29       | 0.25                  | 6.06              | 1.57       |
| Defunciones totales estimadas (Máximo)  | 53.11      | 4.19         | 5.13       | 0.88                  | 11.77             | 3.45       |
| Defunciones totales estimadas (Mediana) | 41.33      | 2.92         | 3.46       | 0.46                  | 8.46              | 2.36       |
| Defunciones totales estimadas (Mínimo)  | 35.33      | 2.14         | 2.54       | 0.27                  | 6.61              | 1.67       |
| Sintomáticos estimados (Máximo)         | 2803.26    | 125.34       | 199.13     | 50.09                 | 382.00            | 89.42      |
| Sintomáticos estimados (Mediana)        | 1556.72    | 77.73        | 109.82     | 22.74                 | 219.39            | 49.65      |
| Sintomáticos estimados (Mínimo)         | 714.13     | 45.11        | 62.60      | 11.46                 | 113.68            | 28.51      |
| Casos Severos estimados (Máximo)        | 181.27     | 13.01        | 18.64      | 3.71                  | 34.93             | 10.03      |
| Casos severos estimados (Mediana)       | 96.80      | 6.87         | 9.16       | 1.41                  | 19.77             | 5.25       |
| Casos severos estimados (Mínimo)        | 57.36      | 3.73         | 4.80       | 0.60                  | 12.14             | 3.07       |
| Rt.EpiEstim                             | 0.94       | 1.06         | 1.03       | 0.90                  | 0.88              | 0.87       |
| Rt covidestim                           | 0.77       | 0.81         | 1.05       | 0.86                  | 0.98              | 0.81       |

Cuadro 1: Valores estimados y ajustados para cada lugar de interés al 28 de marzo de 2021 considerando las densidades del Cuadro 5.

| Lugar                                   | IZTAPALAPA | LA_MAGDALENA_CONTRERAS | MILPA_ALTA | ALVARO_OBREGON | TLAHUAC    | TLALPAN    |
|-----------------------------------------|------------|------------------------|------------|----------------|------------|------------|
| Fecha                                   | 2021-04-04 | 2021-04-04             | 2021-04-04 | 2021-04-04     | 2021-04-04 | 2021-04-04 |
| Incidencia ajustada (Máximo)            | 164.76     | 32.50                  | 16.94      | 180.88         | 49.31      | 120.12     |
| Incidencia ajustada (Mediana)           | 139.97     | 27.09                  | 12.83      | 151.83         | 42.13      | 103.00     |
| Incidencia ajustada (Mínimo)            | 116.53     | 22.45                  | 9.96       | 126.07         | 36.24      | 88.02      |
| Incidencia total estimada (Máximo)      | 1687.27    | 236.38                 | 115.77     | 977.87         | 452.42     | 850.79     |
| Incidencia total estimada (Mediana)     | 992.04     | 122.11                 | 45.98      | 571.64         | 208.97     | 513.03     |
| Incidencia total estimada (Mínimo)      | 553.96     | 62.73                  | 18.96      | 324.76         | 110.21     | 263.09     |
| Incidencia acumulada ajustada (Máximo)  | 1609503.70 | 224956.48              | 98819.08   | 636198.52      | 314346.86  | 563879.43  |
| Incidencia acumulada ajustada (Mediana) | 1174021.30 | 134045.96              | 66439.98   | 495741.03      | 209560.75  | 374791.30  |
| Incidencia acumulada ajustada (Mínimo)  | 809576.97  | 90243.58               | 43040.23   | 352482.75      | 139869.10  | 254885.56  |
| Defunciones ajustadas (Máximo)          | 9.02       | 0.83                   | 0.41       | 4.78           | 1.56       | 3.15       |
| Defunciones ajustadas (Mediana)         | 7.41       | 0.58                   | 0.23       | 3.62           | 1.06       | 2.39       |
| Defunciones ajustadas (Mínimo)          | 6.02       | 0.41                   | 0.14       | 2.78           | 0.74       | 1.83       |
| Defunciones totales estimadas (Máximo)  | 12.00      | 1.08                   | 0.53       | 5.50           | 2.02       | 4.15       |
| Defunciones totales estimadas (Mediana) | 8.52       | 0.64                   | 0.27       | 3.91           | 1.23       | 2.73       |
| Defunciones totales estimadas (Mínimo)  | 6.42       | 0.44                   | 0.15       | 2.89           | 0.81       | 2.00       |
| Sintomáticos estimados (Máximo)         | 404.60     | 79.60                  | 58.26      | 388.60         | 161.80     | 349.44     |
| Sintomáticos estimados (Mediana)        | 232.12     | 43.73                  | 26.99      | 239.04         | 88.74      | 191.24     |
| Sintomáticos estimados (Mínimo)         | 127.06     | 25.69                  | 14.29      | 131.31         | 52.12      | 110.83     |
| Casos Severos estimados (Máximo)        | 36.18      | 4.63                   | 3.02       | 20.86          | 10.93      | 21.02      |
| Casos severos estimados (Mediana)       | 19.67      | 2.11                   | 1.03       | 10.49          | 4.16       | 9.20       |
| Casos severos estimados (Mínimo)        | 11.48      | 1.02                   | 0.38       | 6.11           | 1.96       | 4.31       |
| Rt.EpiEstim                             | 0.98       | 0.84                   | 0.91       | 1.04           | 0.80       | 0.84       |
| Rt covidestim                           | 0.68       | 1.03                   | 0.76       | 0.82           | 0.87       | 0.96       |

Cuadro 2: Valores estimados y ajustados para cada lugar de interés al 28 de marzo de 2021 considerando las densidades del Cuadro 5.



| Lugar                                   | XOCHIMILCO | BENITO_JUAREZ | CUAUHTEMOC | MIGUEL_HIDALGO | VENUSTIANO_CARRANZA |
|-----------------------------------------|------------|---------------|------------|----------------|---------------------|
| Fecha                                   | 2021-04-04 | 2021-04-04    | 2021-04-04 | 2021-04-04     | 2021-04-04          |
| Incidencia ajustada (Máximo)            | 51.62      | 33.51         | 57.69      | 28.96          | 54.39               |
| Incidencia ajustada (Mediana)           | 43.66      | 27.54         | 47.12      | 23.40          | 44.93               |
| Incidencia ajustada (Mínimo)            | 37.49      | 22.71         | 38.84      | 19.02          | 36.64               |
| Incidencia total estimada (Máximo)      | 474.32     | 536.93        | 755.87     | 368.75         | 633.00              |
| Incidencia total estimada (Mediana)     | 244.47     | 253.72        | 447.99     | 180.54         | 359.37              |
| Incidencia total estimada (Mínimo)      | 125.45     | 135.95        | 242.45     | 89.73          | 200.15              |
| Incidencia acumulada ajustada (Máximo)  | 347265.90  | 345090.83     | 475784.88  | 343489.64      | 396246.46           |
| Incidencia acumulada ajustada (Mediana) | 253367.32  | 255583.10     | 371215.24  | 232379.39      | 300721.72           |
| Incidencia acumulada ajustada (Mínimo)  | 163954.83  | 158722.28     | 272631.05  | 165383.77      | 216612.51           |
| Defunciones ajustadas (Máximo)          | 1.90       | 1.98          | 3.59       | 1.59           | 2.94                |
| Defunciones ajustadas (Mediana)         | 1.34       | 1.40          | 2.77       | 1.12           | 2.21                |
| Defunciones ajustadas (Mínimo)          | 0.98       | 1.01          | 2.12       | 0.78           | 1.65                |
| Defunciones totales estimadas (Máximo)  | 2.46       | 2.74          | 4.52       | 2.15           | 3.69                |
| Defunciones totales estimadas (Mediana) | 1.57       | 1.70          | 3.15       | 1.31           | 2.48                |
| Defunciones totales estimadas (Mínimo)  | 1.07       | 1.10          | 2.32       | 0.85           | 1.77                |
| Sintomáticos estimados (Máximo)         | 170.25     | 119.42        | 143.75     | 89.47          | 138.99              |
| Sintomáticos estimados (Mediana)        | 90.89      | 61.53         | 84.16      | 46.10          | 80.76               |
| Sintomáticos estimados (Mínimo)         | 49.17      | 32.31         | 46.67      | 22.85          | 44.09               |
| Casos Severos estimados (Máximo)        | 13.60      | 10.48         | 14.90      | 7.17           | 11.78               |
| Casos severos estimados (Mediana)       | 5.34       | 4.73          | 7.62       | 3.34           | 6.02                |
| Casos severos estimados (Mínimo)        | 2.48       | 2.31          | 4.33       | 1.75           | 3.38                |
| Rt.EpiEstim                             | 0.88       | 0.88          | 1.03       | 0.94           | 0.98                |
| Rt.covidestim                           | 0.85       | 0.85          | 0.91       | 0.82           | 0.97                |

Cuadro 3: Valores estimados y ajustados para cada lugar de interés al 28 de marzo de 2021 considerando las densidades del Cuadro 5.

### 3. Observaciones sobre las estimaciones presentadas

1. Se observa que la mayoría de las alcaldías de CDMX muestran una tendencia de incidencia y defunciones similar a la mostrada durante la última semana de marzo, incluyendo los casos sospechosos hasta el 4 de abril, de acuerdo a los datos del 11 de Abril de 2021. Sin embargo, las alcaldías de Coyoacán, Gustavo A. Madero, Magdalena Contreras, Tlalpan y Venustiano Carranza muestran un incremento en los casos sospechosos durante la última semana, lo cual provoca que el  $R_t$  muestre una tendencia creciente con ambas estimaciones (covideestim/EpiEstim).
2. En todas las alcaldías y CDMX, los casos severos se ajustan correctamente a los casos hospitalizados usando la parametrización con la información nacional. Señalamos que la serie de tiempo de hospitalizaciones no es un insumo de covideestim.
3. Usando las densidades nacionales se observa que los  $R_t$  estimados con EpiEstim y con covideestim son similares en cuanto a la tendencia general y difieren cerca de la fecha de corte de los datos. La curva del  $R_t$  de covideestim estimado con un intervalo serial de media=5.8022 y sd=0.51066 es similar al  $R_t$  usando epiestim con intervalo serial de media=4.5 y sd=1.
4. La metodología para encontrar estas estimaciones se basa en el modelo desarrollado en [4, 5]. Toda metodología que estime la incidencia total, depende de dos insumos importantes: la proporción existente entre el número de casos sintomáticos y el número de casos asintomáticos que en la literatura varía entre el 10% y el 80% por un lado, y el nivel de subreortaje de casos. Nuestros supuestos sobre la probabilidad de ser sintomático adoptan la proporción usada para Estados Unidos que proviene de las referencias [2, 6, 7].
5. Nuestro equipo de trabajo está mejorando las estimaciones de las distribuciones presentadas en la Sección 2 pues son piezas fundamentales de las estimaciones presentadas en este trabajo.



La variabilidad e incertidumbre inherente a esta epidemia permite varias estimaciones basadas en los mismos datos, que deben considerarse escenarios posibles alternativos, no verdades precisas mutuamente exclusivas.

## 4. Agradecimientos

Agradecemos el apoyo técnico de los estudiantes Eduardo Mendieta (UAQ), Samuel Romero (UNAM-J), Santiago Espinoza (UNAM-J) para la elaboración de este documento. Este reporte se hizo con el apoyo de los proyectos DGAPA-PAPIIT IV100220, IN115720 UNAM y de los recursos del Laboratorio Nacional de Visualización Científica UNAM.

## Referencias

- [1] ANNE CORI\*, NEIL M. FERGUSON, C. F., AND CAUCHEMEZ, S. A new framework and software to estimate time-varying reproduction numbers during epidemics. *American Journal of Epidemiology* 178, 9 (2013).
- [2] BYAMBASUREN, O., CARDONA, M., BELL, K., CLARK, J., MCLAWS, M., AND GLASZIOU, P. Estimating the extent of asymptomatic covid-19 and its potential for community transmission: systematic review and meta-analysis. *Infectious Diseases* doi: 10.1101/2020.05.10.20097543 (2020).
- [3] CHITWOOD, M. <https://covidestim.org/>, 2020.
- [4] CHITWOOD, M. H., RUSSI, M., GUNASEKERA, K., HAVUMAKI, J., PITZER, V. E., WARREN, J. L., WEINBERGER, D. M., COHEN, T., AND MENZIES, N. Bayesian nowcasting with adjustment for delayed and incomplete reporting to estimate COVID-19 infections in the United States. *medRxiv June* (2020).
- [5] MCGOUGH, S. F., JOHANSSON, M. A., LIPSITCH, M., AND MENZIES, N. A. Nowcasting by Bayesian smoothing: A flexible, generalizable model for real-time epidemic tracking. *PLoS Computational Biology* 16, 4 (2020), 1–20.
- [6] MIZUMOTO, K., KAGAYA, K., ZAREBSKI, A., AND CHOWELL, G. Estimating the asymptomatic proportion of coronavirus disease 2019 (covid-19) cases on board the diamond princess cruise ship, yokohama, japan, 2020. *Eurosurveillance* doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.10.2000180 (2020).
- [7] NISHIURA, H., KOBAYASHI, T., SUZUKI, A., JUNG, S.-M., HAYASHI, K., KINOSHITA, R., YANG, Y., YUAN, B., AKHMETZHANOV, A. R., LINTON, N. M., AND MIYAMA, T. Estimation of the asymptomatic ratio of novel coronavirus infections (COVID-19). *International Journal of Infectious Diseases*, February (2020).
- [8] RUSSI, M. [https://github.com/covidestim/covidestim/blob/master/inst/stan/stan\\_program\\_default.stan](https://github.com/covidestim/covidestim/blob/master/inst/stan/stan_program_default.stan), 2021.
- [9] SSA. Información referente a casos covid-19 en México, 2020.

## 5. Apéndice metodológico

### 5.1. Metodología para la estimación de infecciones totales y número reproductivo instantáneo.

En este documento se presenta el ajuste del modelo *covidestim*, desarrollado por la Yale School of Public Health [4, 5], para los datos de infecciones por COVID-19 en cada estado de la República Mexicana. El modelo *covidestim* tiene la ventaja de estimar no sólo los casos reportados de COVID-19, sino también las infecciones totales hasta la última fecha disponible en la base de datos. Esto permite tener mejores estimaciones de distintas cantidades de interés como lo son el número reproductivo instantáneo  $R_t$  y la tasa de mortalidad, con menos de 14 días de retraso. Cabe mencionar que *covidestim* permitiría calcular el nowcasting del número reproductivo instantáneo hasta un día antes de la fecha actual, dado que usa ventanas de longitud impar centradas en el día a estimar, permitiendo como longitud mínima una ventana de tres días. Sin embargo, para las estimaciones de  $R_t$  reportadas en este informe se establecen ventanas de 7 días, por lo que es posible calcular el nowcasting del  $R_t$  hasta cuatro días antes de la última fecha en la base de datos. La estimación del modelo *covidestim* requiere varias entradas en forma de densidades de probabilidad a priori de diversas cantidades asociadas a la dinámica del virus SARS-CoV-2 y la COVID-19. Para dar un ejemplo, es necesario dar densidades a priori sobre la probabilidad de ser diagnosticado si se es sintomático, la probabilidad de ser diagnosticado si se presenta enfermedad severa, la probabilidad de ser sintomático si se es infeccioso, el tiempo desde la infección hasta la aparición de síntomas, entre otras. El Cuadro 4 muestra todas las distribuciones a priori predefinidas en el modelo *covidestim*.

Para adaptar el modelo al contexto específico de la República, las densidades a priori en el Cuadro 5 serán reemplazadas por estimaciones hechas a partir de la base de datos abierta del gobierno de Federal actualizada al 23 de febrero de 2021 [9]. La Figura 103 muestra en detalle las densidades estimadas ya dichas usando el total de datos nacionales por debajo de los percentiles 97 %, 99 % y 99.9 %, las cuales reemplazan a las proporcionadas por default en *covidestim*, en la implementación.

La estimación del número reproductivo instantáneo  $R_t$  se realiza con base en un ajuste por splines usando la estimación generada por el modelo de los casos totales (no de los reportados como se hace con el software *epiestim* [1]) usando las distribuciones de los tiempos de residencia en diferentes etapas del proceso. Estas distribuciones de frecuencias empíricas son ajustadas a distribuciones de probabilidad idóneas (ver Sección 2). A la fecha, estamos mejorando las estimaciones de las distribuciones de probabilidad aquí propuestas.

Finalmente se señala que con esta técnica, podemos realizar la proyección del número reproductivo instantáneo mas cercanamente a la fecha última de la base de datos como se ha descrito en párrafos anteriores. En las figuras correspondientes al  $R_t$  en los cuatro estados mostrados como ejemplo, las barras verdes del histograma de frecuencias que aparecen al final de la serie, corresponden al periodo de nowcasting al 28 de marzo.

### 5.2. Descripción de la parametrización del modelo para el caso nacional

Para contar con una estimación de las tendencias de infecciones, casos sintomáticos y defunciones por COVID-19, con base en los datos de incidencia y defunciones de cada estado, es necesario contar, al menos, con las distribuciones a priori de tiempos de residencia enunciadas en Cuadro 4. Usando la base de datos nacional abierta, actualizada al 23 de febrero de 2021 [9], se han calculado las distribuciones mostradas en el Cuadro 5 correspondientes a `sym_prg_delay`, `sev_prg_delay`, `p_sev_if_sym` y `p_die_if_sev`. Es necesario recalcar que, dentro del código de *covidestim* [8] se define a los casos severos como aquellos



positivos que con alta probabilidad fallecen, por lo que se decidió definir a los casos severos para el caso nacional, como los casos positivos que son intubados o han finalmente fallecido. Esto incluye los casos con registro de hospitalización pero también aquellos que murieron en sus casas.

Los gráficos del ajuste de las densidades del Cuadro 5 se muestran en la Figura 103.

|                                              | <b>Probabilidades de diagnóstico</b>                                                                             |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $p\_diag\_if\_sym \sim Beta(2, 2)$           | Modela la probabilidad de ser diagnosticado si se es sintomático.                                                |
| $p\_diag\_if\_sev \sim Beta(1, 5, 1)$        | Modela la probabilidad de ser diagnosticado si presenta enfermedad severa                                        |
| $weekend\_eff \sim Beta(2, 2)$               | Modela el efecto de los fines de semana en la probabilidad de diagnóstico.                                       |
|                                              | <b>Probabilidades de retraso en reportaje</b>                                                                    |
| $dx\_delay\_sym \sim Beta(2, 2)$             | Modela el factor de escalamiento para la fracción de tiempo del retraso en el diagnóstico de casos sintomáticos. |
| $dx\_delay\_sev \sim Beta(2, 2)$             | Modela el factor de escalamiento para la fracción de tiempo del retraso en el diagnóstico de casos severos.      |
|                                              | <b>Valores fijos en el retraso de progresión</b>                                                                 |
| $inf\_prg\_delay \sim Gamma(5, 202, 0, 946)$ | Modela el tiempo desde la infección hasta la aparición de síntomas                                               |
| $sym\_prg\_delay \sim Gamma(5, 147, 0, 468)$ | Modela el tiempo desde la aparición de síntomas hasta la enfermedad severa                                       |
| $sev\_prg\_delay \sim Gamma(2, 383, 0, 27)$  | Modela el tiempo desde la sintomatología severa hasta defunción                                                  |
|                                              | <b>Tiempo de retraso en reportaje</b>                                                                            |
| $cas\_rep\_delay \sim Gamma(2, 2, 1)$        | Describe retraso en el reportaje de casos.                                                                       |
| $die\_rep\_delay \sim Gamma(2, 2, 1)$        | Describe retraso en el reportaje de defunciones.                                                                 |
|                                              | <b>Probabilidades de transición</b>                                                                              |
| $p\_sym\_if\_inf \sim Beta(44, 9, 9, 9)$     | Modela la probabilidad de ser sintomático si se es infeccioso                                                    |
| $p\_sev\_if\_sym \sim Beta(11, 9, 47, 7)$    | Modela la probabilidad de presentar enfermedad severa si se es sintomático                                       |
| $p\_die\_if\_sev \sim Beta(3, 97)$           | Modela la probabilidad de fallecer si se presenta enfermedad severa.                                             |
| $p\_die\_if\_sym \sim Beta(1, 12, 85, 1)$    | Modela la probabilidad de fallecer si se es sintomático.                                                         |

Cuadro 4: Funciones de densidades de probabilidad a priori para diferentes cantidades implementadas *por default* en el modelo COVIDestim [3]. En las distribuciones Gama, los parámetros mostrados son de forma y escala respectivamente (shape, scale)



|               | Percentil | Dato máximo | Densidad                                        | Media   |
|---------------|-----------|-------------|-------------------------------------------------|---------|
| sym_prg_delay | 99        | 15          | $G(\text{shape}=2.60146, \text{scale}=2.21007)$ | 5.7494  |
| sev_prg_delay | 99        | 43          | $G(\text{shape}=2.61017, \text{scale}=5.03712)$ | 13.1477 |
| p_sev_if_sym  | 97        | 0.327       | $B(2.79504, 21.63778)$                          | 0.1143  |
| p_die_if_sev  | 99.9      | 0.9004      | $B(4.9799, 6.31864)$                            | 0.4407  |

Cuadro 5: Funciones de densidad de probabilidad propuestas, de acuerdo al ajuste de los datos del 23 de febrero de 2021. Las etiquetas de las columnas son las definidas en el Cuadro 4.

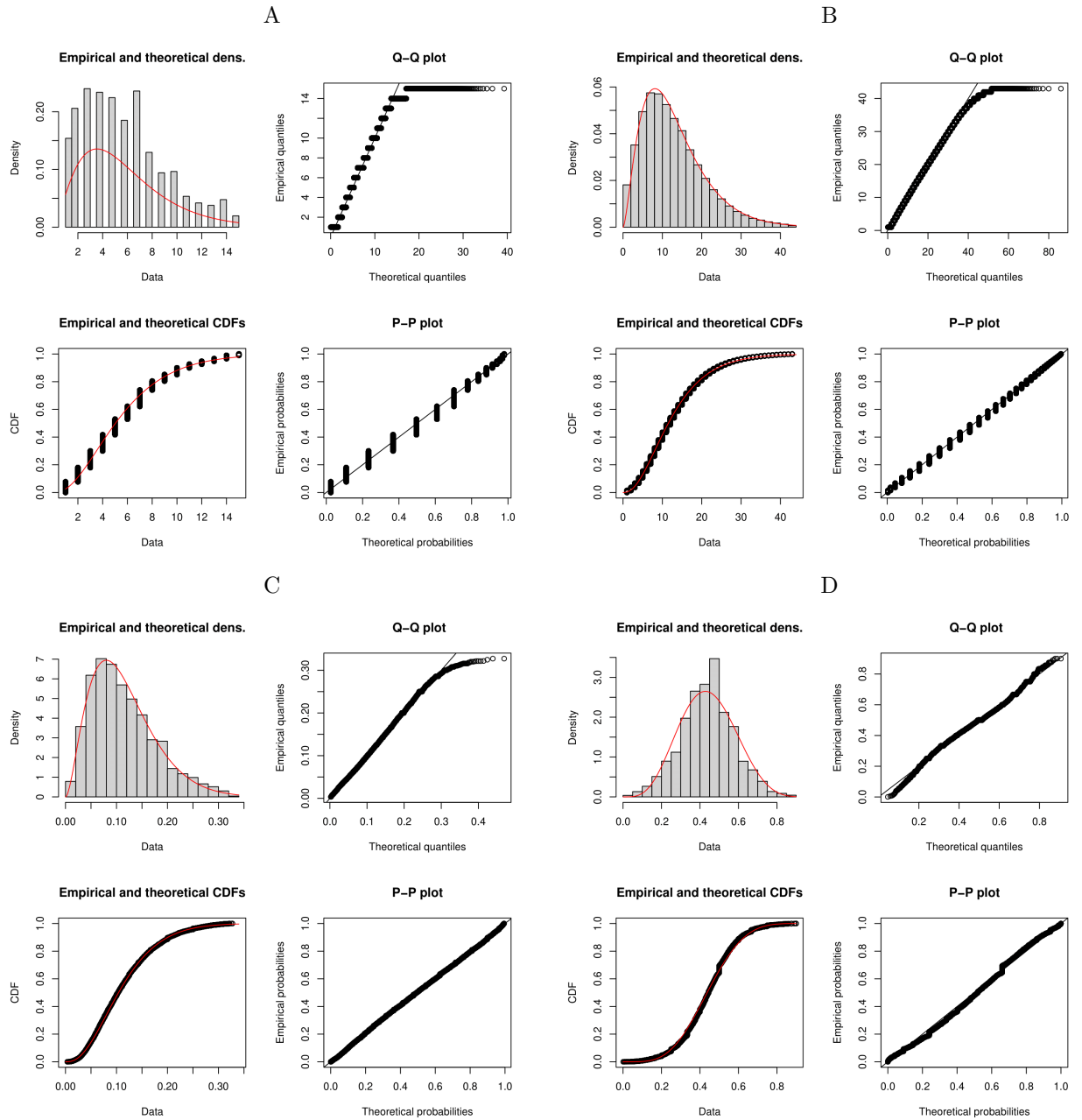


Figura 103: Gráficas de ajustes de las funciones de densidad a priori, descritas en Cuadro 5 derivadas de la base de datos abierta del gobierno federal [9] actualizada el 23 de febrero de 2021. A) Gráficas de ajuste de la función de densidad del tiempo desde la aparición de síntomas severos hasta la muerte (`sev_prg_delay`). Se continúa con el análisis de datos para mejorar el ajuste de la densidad de probabilidad de esta variable. B) Función de densidad de la probabilidad de presentar síntomas severos si es sintomático (`p_sev_if_sym`). C) Función de densidad de la probabilidad de morir si se tienen síntomas severos (`p_die_if_sev`).



### 5.3. Software

Para la elaboración de este reporte se hizo uso del modelo `covidestim` de la Yale School of Public Health y de las paqueterías `fitdistrplus` y `EnvStats` de R, con las bases de datos de la Secretaría de Salud, Gobierno de Cuauhtémoc [9] correspondientes a cada localidad. Los cálculos se realizaron en la supercomputadora del LAVIS de la UNAM-Juriquilla.