

Modelización compartimental y multivariante de enfermedades respiratorias en Guayaquil mediante enfoque poblacional

PROBLEMA

Según el Ministerio de Salud Pública, en Ecuador circularon varias infecciones respiratorias agudas graves (IRAG), como el VSR, el SARS-CoV-2, la gripe B, el AH3N2 y el AH1N1. Entre el 1 de enero y el 6 de diciembre de 2024, se confirmaron 1708 casos, siendo el VSR el de mayor incidencia (Rodríguez, 2024). La falta de análisis geospaciales y multivariantes limita su control y prevención. En la **Figura 1**, podemos apreciar la distribución de los casos de IRA en Guayaquil por circuitos en 2024.

OBJETIVO GENERAL

Analizar la relación entre la densidad poblacional, condiciones sociodemográficas y las diferentes enfermedades infecciosas en Guayaquil, usando un modelo compartimental basado en la población susceptible, expuesta, infectada y recuperada, para el planteamiento de un modelo sensible, que facilite la predicción del comportamiento de la propagación de enfermedades infecciosas respiratorias.

PROPUESTA

Se propone utilizar el modelo epidemiológico compartimental SEIR (Susceptible-Expuesta-Infectada-Retirada) (véase la **Ecuación 1**) que está basado en los datos de la edad, el distrito y el circuito de Guayaquil para predecir la evolución de los brotes de enfermedades respiratorias infecciosas durante un período de n días. Esto va acompañado de herramientas geospaciales que permiten distinguir geométricamente qué unidades hospitalarias tienen el mayor número de casos de IRAG y en qué sectores se concentran estos casos.

RESULTADOS

Análisis de Datos

- Se procesaron los datos epidemiológicos del Ministerio de Salud Pública, incluyendo la unidad hospitalaria, las fechas de ingreso y alta, los datos demográficos (edad, sexo), la ubicación (provincia, ciudad, dirección), el estado de vacunación y el estado del paciente (susceptible, expuesto, infectado o dado de alta).

Modelo SEIR

- El proyecto utiliza este y otros modelos compartimentales como herramientas para contribuir al sector de la salud mediante el estudio de la proliferación y mortalidad de futuras infecciones respiratorias en Guayaquil.

Clustering

- El algoritmo DBSCAN (agrupamiento espacial basado en la densidad con ruido) detectó focos de infección con una alta concentración de casos de IRAG.

Análisis Espacial

- En QGIS, se superpusieron mapas de distritos y unidades de salud para contextualizar los hallazgos, incluyendo una capa vectorial con los circuitos de Guayaquil y la distribución de los hospitales.

Esquema 1. Metodología

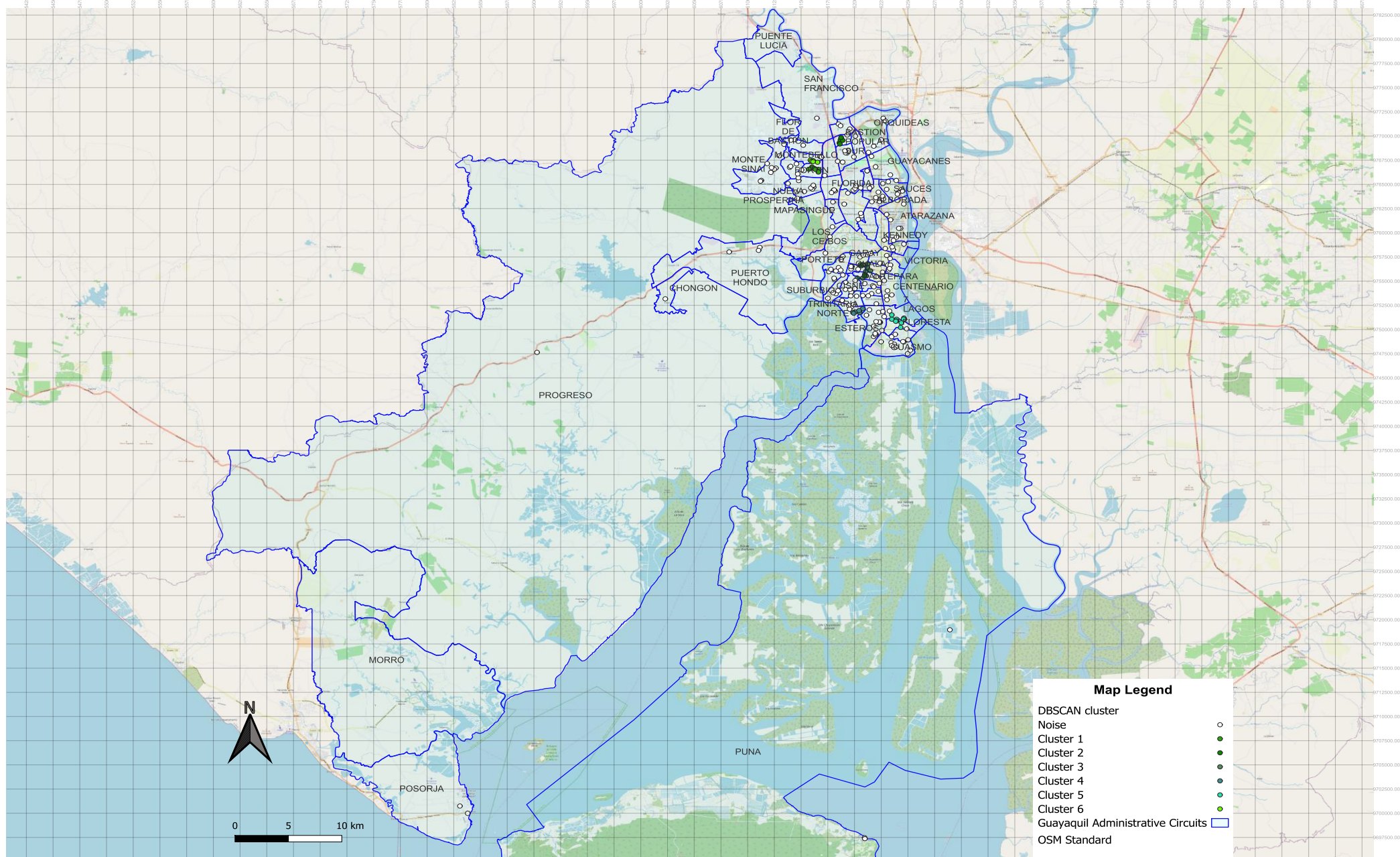


Figura 3. Clustering DBSCAN

CONCLUSIONES

El análisis reveló que el distrito 09D07C01 tenía la mayor densidad de población en situaciones de emergencia, mientras que el algoritmo DBSCAN identificó puntos críticos en Urdaneta, Cristo del Consuelo y las zonas circundantes al terminal portuario. Los distritos 09D04, 09D06, 09D07 y 09D08 registraron la mayor incidencia de IRAG, superando incluso a áreas más grandes como 09D09 y 09D10, lo que justifica el fortalecimiento de la capacidad hospitalaria respiratoria en estas áreas prioritarias. (Véase la **Figura 4**)

Referencias:

Rodríguez, A. (10 de diciembre de 2024). El virus sincitial causa infecciones respiratorias más graves que la COVID-19. Ecuavisa. <https://www.ecuavisa.com/noticias/ecuador/virus-sincitial-respiratorio-covid-XD8454606>

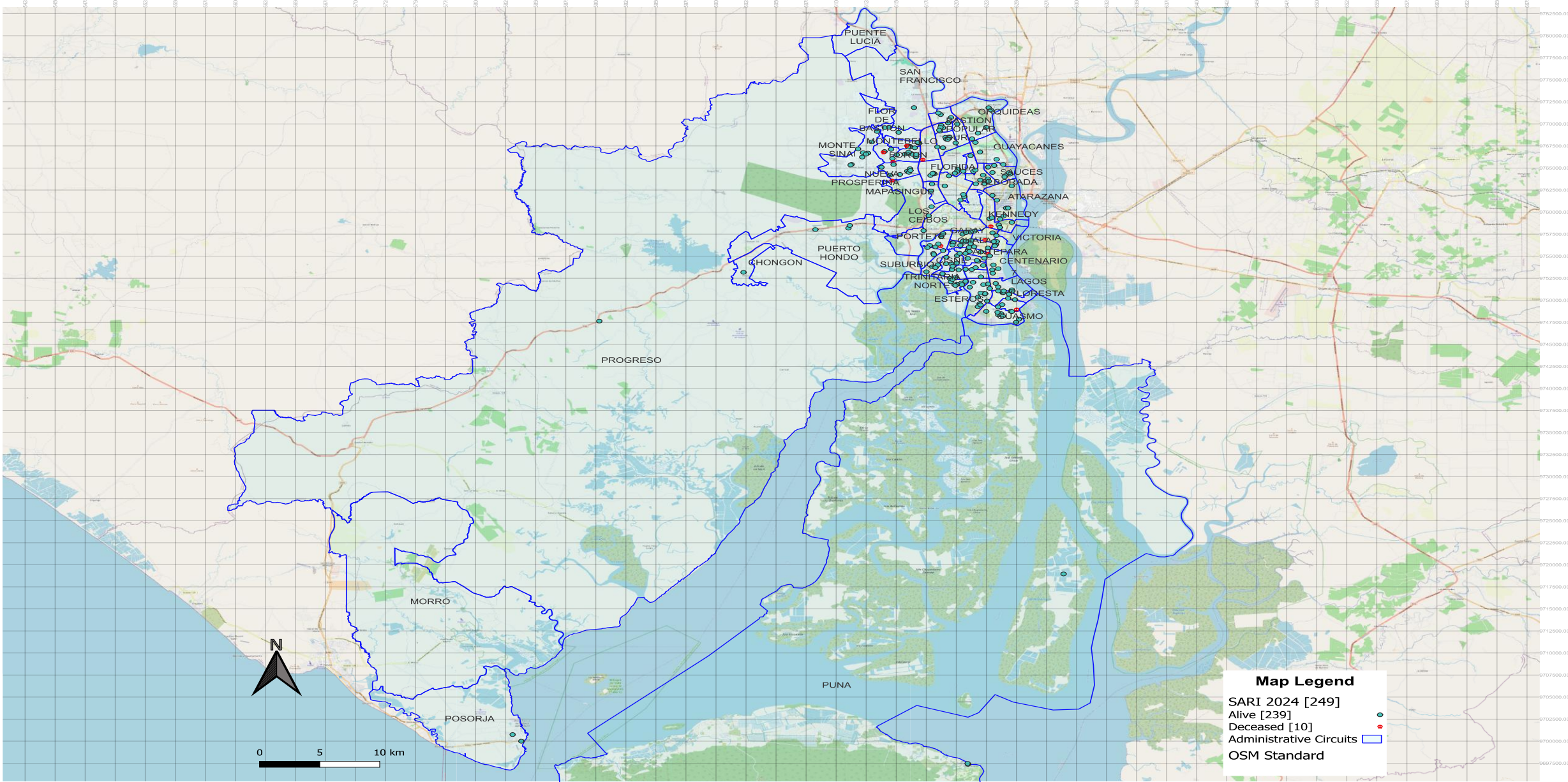


Figura 1. Casos IRAG 2024

Modelo SEIR Aplicado

Para cada circuito i y grupo de edad g

$$\begin{aligned} \frac{dS_{i,g}}{dt} &= -\lambda_{i,g}(t)S_{i,g}(t) - v_{i,g}(t)S_{i,g}(t) \\ \frac{dE_{i,g}}{dt} &= \lambda_{i,g}(t)S_{i,g}(t) - \sigma E_{i,g}(t) \\ \frac{dI_{i,g}}{dt} &= \sigma E_{i,g}(t) - \gamma I_{i,g}(t) \\ \frac{dR_{i,g}}{dt} &= \gamma I_{i,g}(t) - v_{i,g}(t)S_{i,g}(t) \end{aligned}$$

donde $N = S + E + I + R$, $S_{i,g}$ es la población susceptible, $E_{i,g}$ es la población expuesta, $I_{i,g}$ es la población infectada, $R_{i,g}$ es la población retirada, $\lambda_{i,g}$ es la tasa de infección, $v_{i,g}$ es la tasa de vacunación, σ es la tasa de progresión a infectado ($1/\sigma$ es igual al período de incubación) y γ es la tasa de recuperación ($1/\gamma$ es igual a la duración de la infección).

Ecuación 1. Modelo SEIR Aplicado

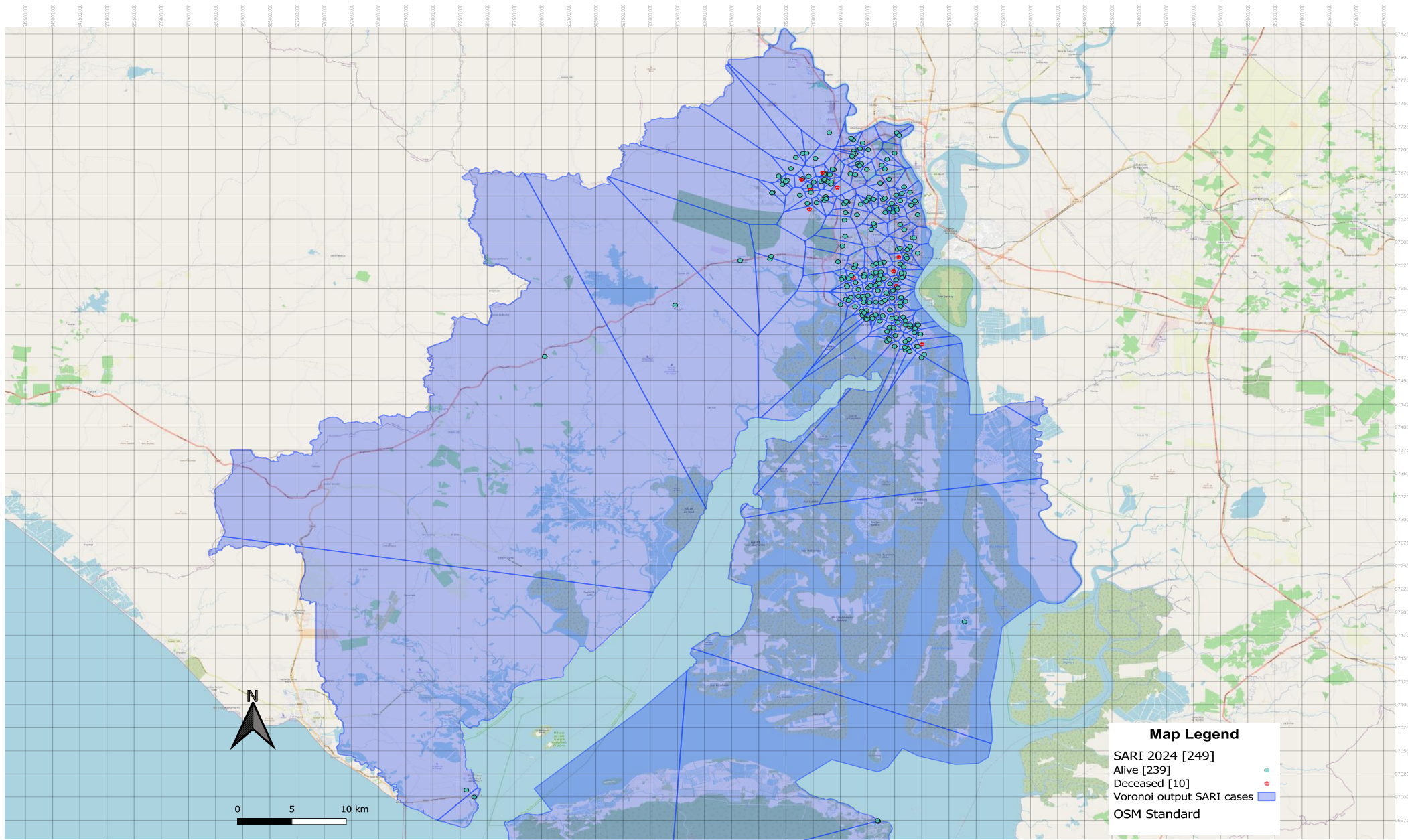


Figura 2. Casos IRAG Voronoi

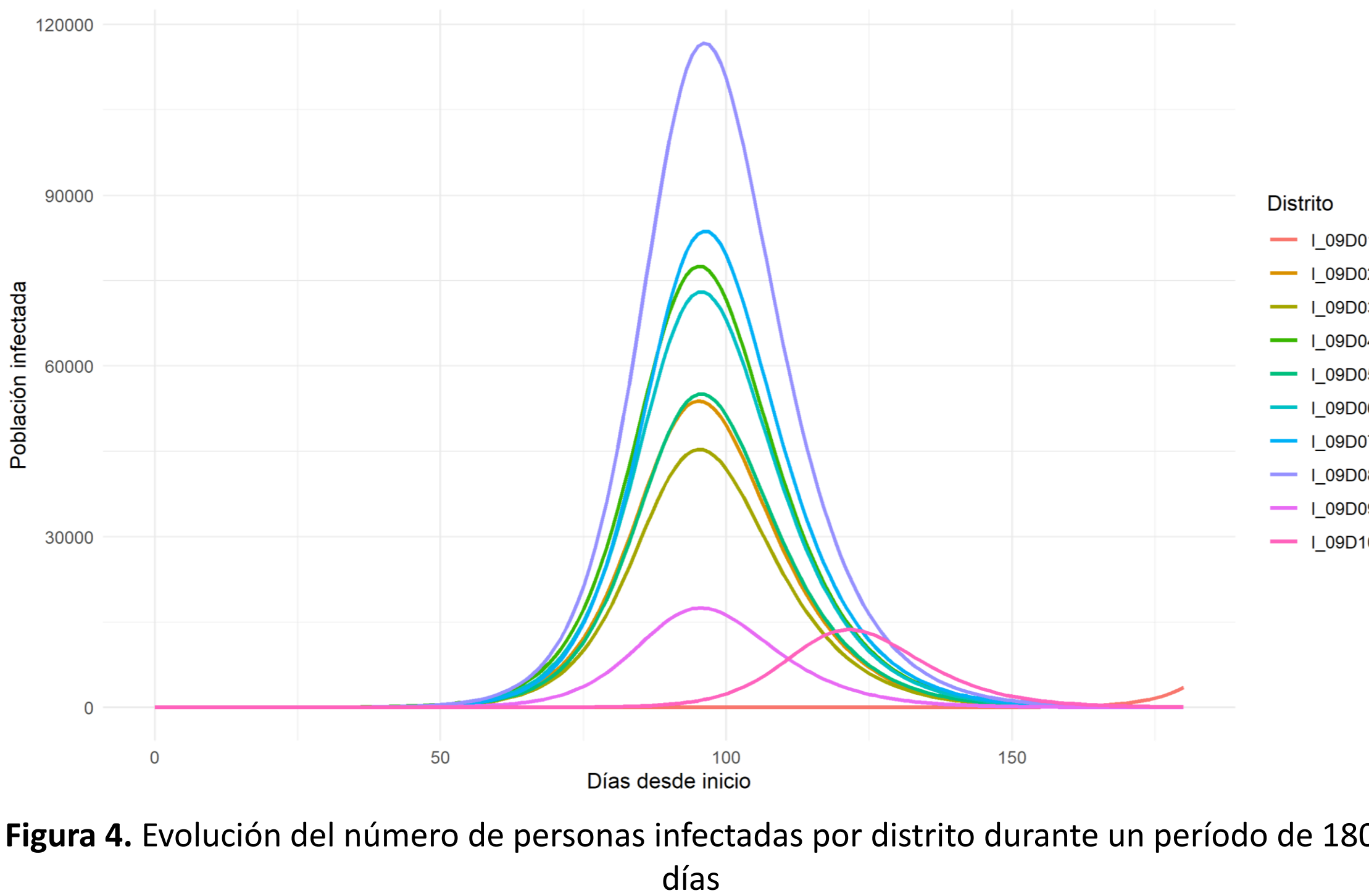


Figura 4. Evolución del número de personas infectadas por distrito durante un período de 180 días