

AeDES2 - Un servicio de clima y salud para monitorizar y predecir la transmisión de enfermedades causadas por mosquitos Aedes

Corvillo, J.¹, Torralba, V.¹, González-Romero, C.¹, Llabrés-Brustenga, A.¹, Riviére-Cinnamond, A.², Muñoz, Á.¹

1: Earth System Services (ESS). Departamento de Ciencias de la Tierra. Barcelona Supercomputing Center (BSC)

2: Organización Panamericana de la Salud (OPS). Organización Mundial de la Salud (OMS)



**Barcelona
Supercomputing
Center**
Centro Nacional de Supercomputación



**Pan American
Health
Organization**

Introducción



Debido al cambio climático, enfermedades vectoriales como la COVID-19 tienen cada vez condiciones más propicias para desarrollarse (Kelly-Hope, 2008).

Tal es el caso de los arbovirus creados por mosquitos de la familia *Aedes* (*Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*). Dado que estos mosquitos están proliferando en áreas previamente no afectadas, **los casos de dengue, Zika y chikungunya se han multiplicado por 30 en los últimos 50 años** (OMS, 2020).

AeDES2 es un servicio operacional de clima y salud que **monitoriza y predice posibles brotes de enfermedades de vectores *Aedes***. Diseñado como una mejora directa de su predecesor (Muñoz et al., 2020), AeDES2 se presenta como una herramienta clave en materia de gestión y planificación de recursos sanitarios.

Metodología

Para traducir información climática a información epidemiológica, **se utiliza el índice de reproducción R_0 , que determina el número inicial de personas infectadas por un huésped** ($R_0 > 1$, propagación; $R_0 < 1$, disipación).

Numerosos factores influyen en el valor de R_0 (fig. 1), pero si solo se tiene en cuenta la información climática, R_0 es un indicador de la idoneidad medioambiental de la enfermedad. Esta aproximación permite a las autoridades sanitarias tener una información rápida y más sencilla de predecir.

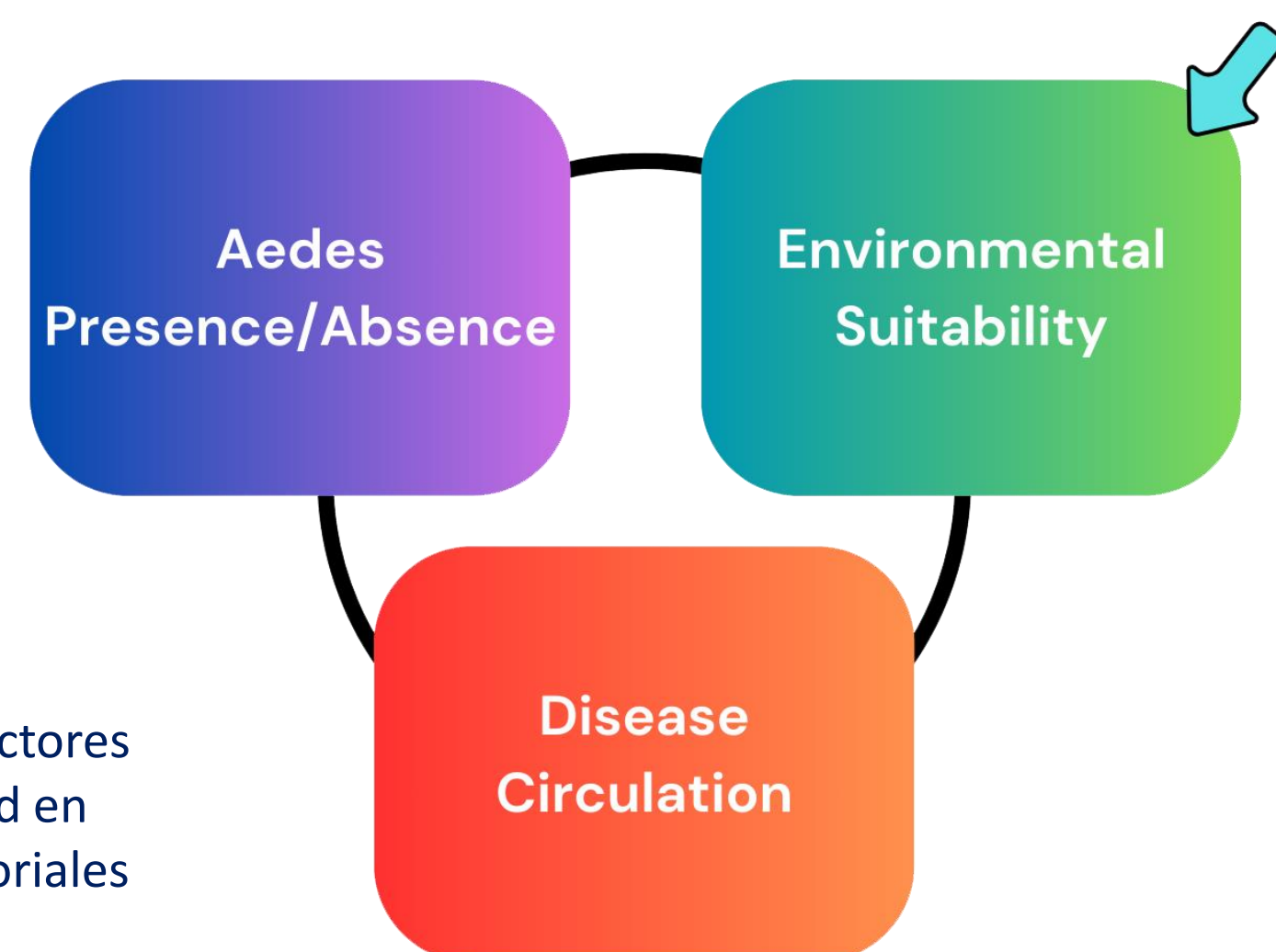


Fig. 1: Principales factores de transmisibilidad en enfermedades vectoriales

Desarrollo

Sistema de Monitorización

Las referencias climáticas utilizadas para obtener un histórico de valores de idoneidad medioambiental son:

GHCN-CAMS | CPC Unified Global | Era5Land

Se obtienen medidas de R_0 de cada referencia mediante **cuatro modelos mecanísticos distintos**:

1. Caminade et al., 2017
2. Liu-Helmerssohn et al., 2014
3. Mordecai et al., 2017
4. Wesolowski et al., 2015

Calibrados mediante QQ mapping a casos semanales de dengue en las Islas del Caribe entre 2014-2017. Como resultado, se obtiene un **ensemble observacional de R_0 de 12 miembros (1979-presente, Fig. 2)**.

Basic Reproduction Number Ensemble Median | Jun 2024 (AeDES2)

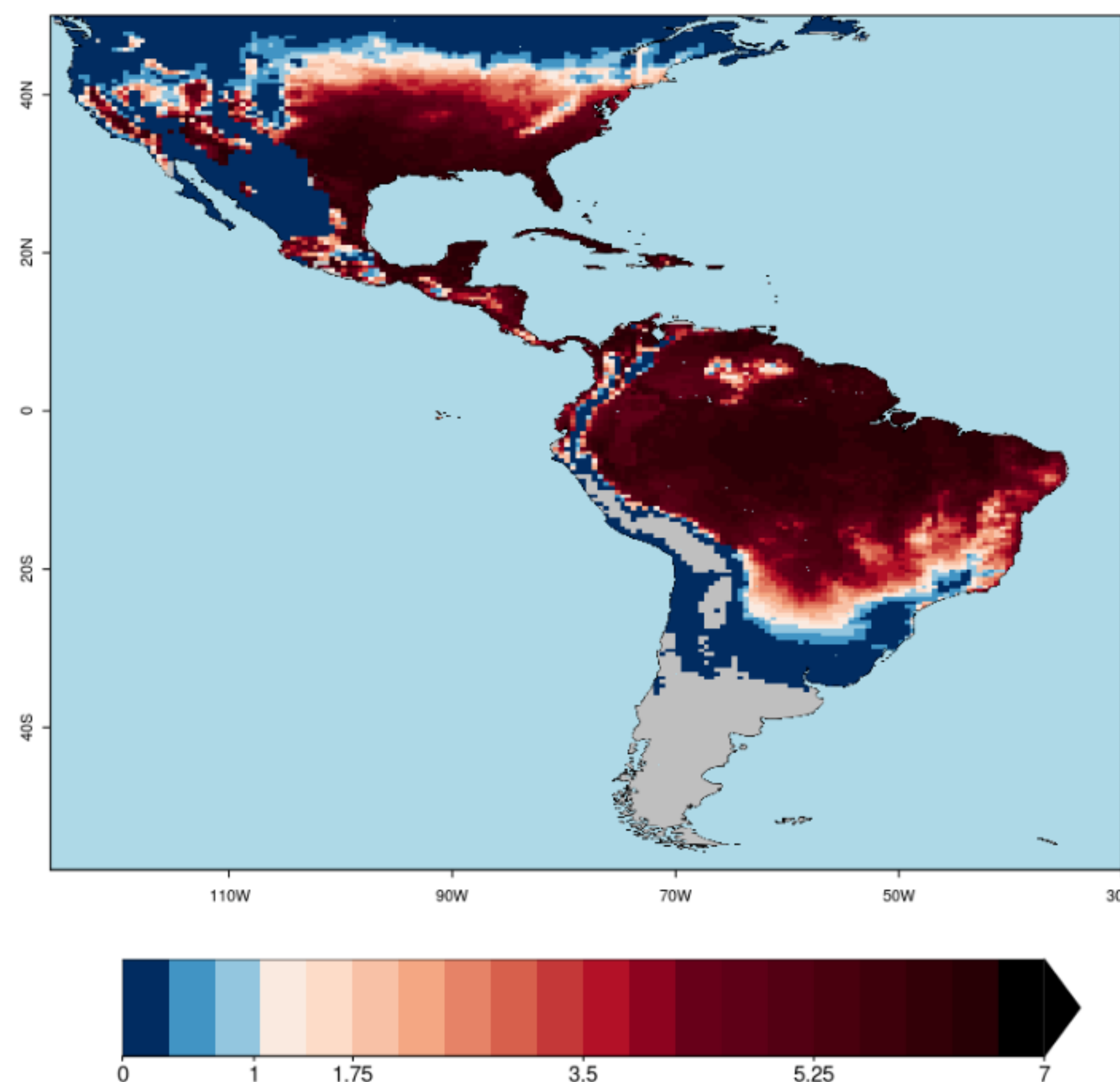


Fig. 2: Mapa de valores de R_0 en América del Norte y América del Sur para Junio 2024, obtenido con AeDES2. Los valores en gris indican que las condiciones no son propicias para la supervivencia de mosquitos *Aedes*.

Resultados

Gracias a la calibración con datos reales, **los resultados obtenidos por AeDES2 tienen valores más cercanos a los observados empíricamente, con una menor incertidumbre**.

Con ello, **se da cuenta de falsos negativos de AeDES1 que AeDES2 sí llega a detectar**, probando así ser una mejora en la detección y predicción de casos. Un ejemplo claro es la aplicación de ambos sistemas a los JJ.OO. de París 2024.

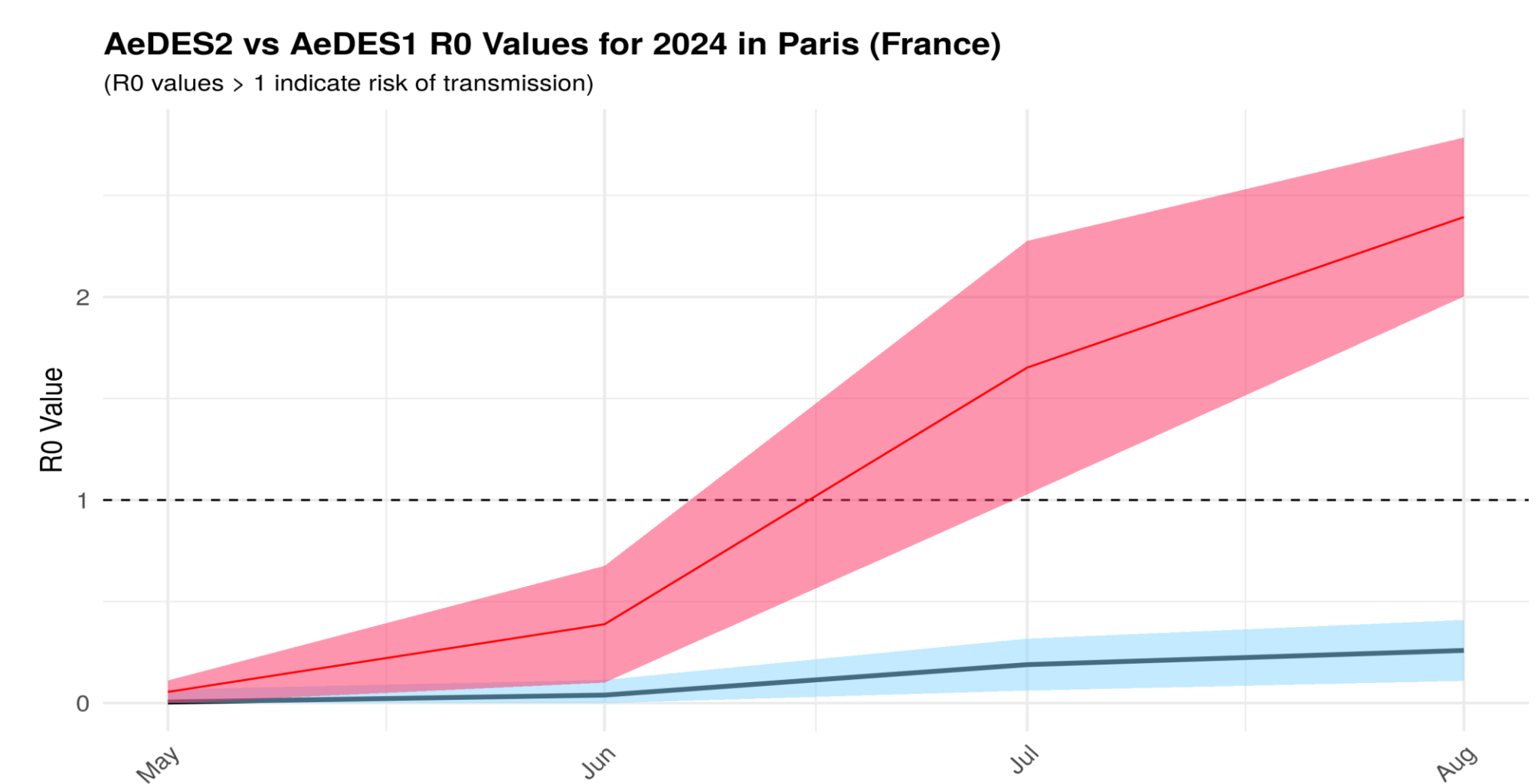


Fig. 3: Evolución mensual R_0 en París (Mayo a Agosto 2024 - rojo, AeDES2; azul, AeDES1). AeDES2 indica riesgo de transmisión durante los JJ.OO., mientras que AeDES1 no detecta riesgo alguno.

Posibles mejoras y Próximos Pasos

El puente entre clima y salud

Investigar la relación entre diversos modos de variabilidad climática (ENSO, NAO) y R_0 mediante **estudios de descomposición temporal y causalidad**

Sistema de Predicción

Aplicación de la metodología a pronósticos System 5.1 y NMME para obtener un **multi-modelo de predicción R_0** .

Se aplicarán **nuevas metodologías de calibrado** tales con el fin de tener en cuenta los patrones no lineales de R_0 en la predicción, como **multi-calibrado o ajuste mediante patrones de máxima causalidad**

Visualización

El módulo de visualización permite a los usuarios observar los diferentes productos de R_0 , así como sus componentes, en forma de mapas con diversas métricas y opciones.

Por cada punto de malla, se pueden consultar:

- Valores de R_0
- % inmunidad requerida en caso de brote
- Incertidumbre asociada a los cálculos

Se incluyen además gráficos con la evolución de la enfermedad en cada punto de malla (figs. 4 y 5).

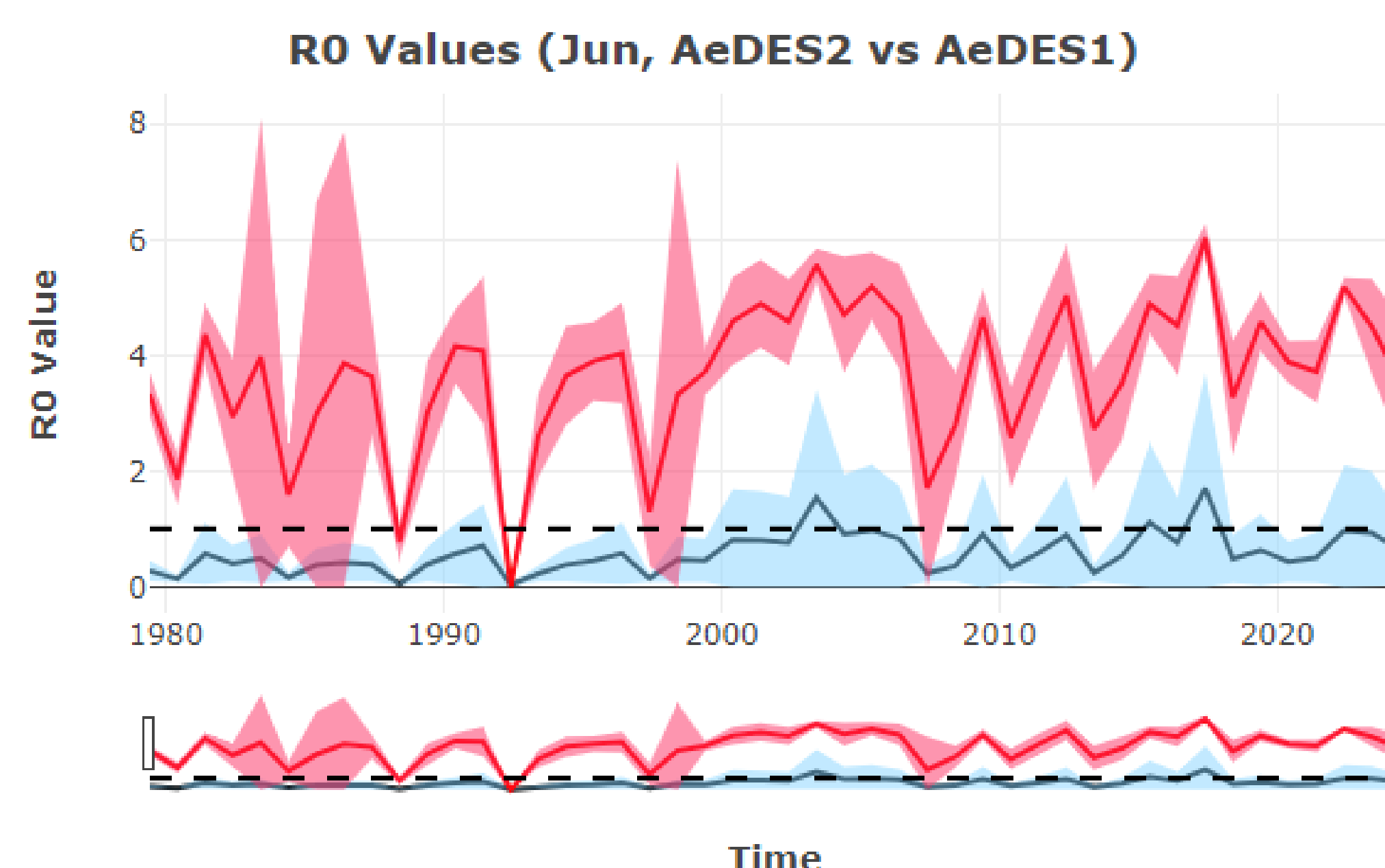


Fig. 4: Histórico de valores mensuales de R_0 en Junio en Barcelona (rojo, AeDES2; azul, AeDES1).

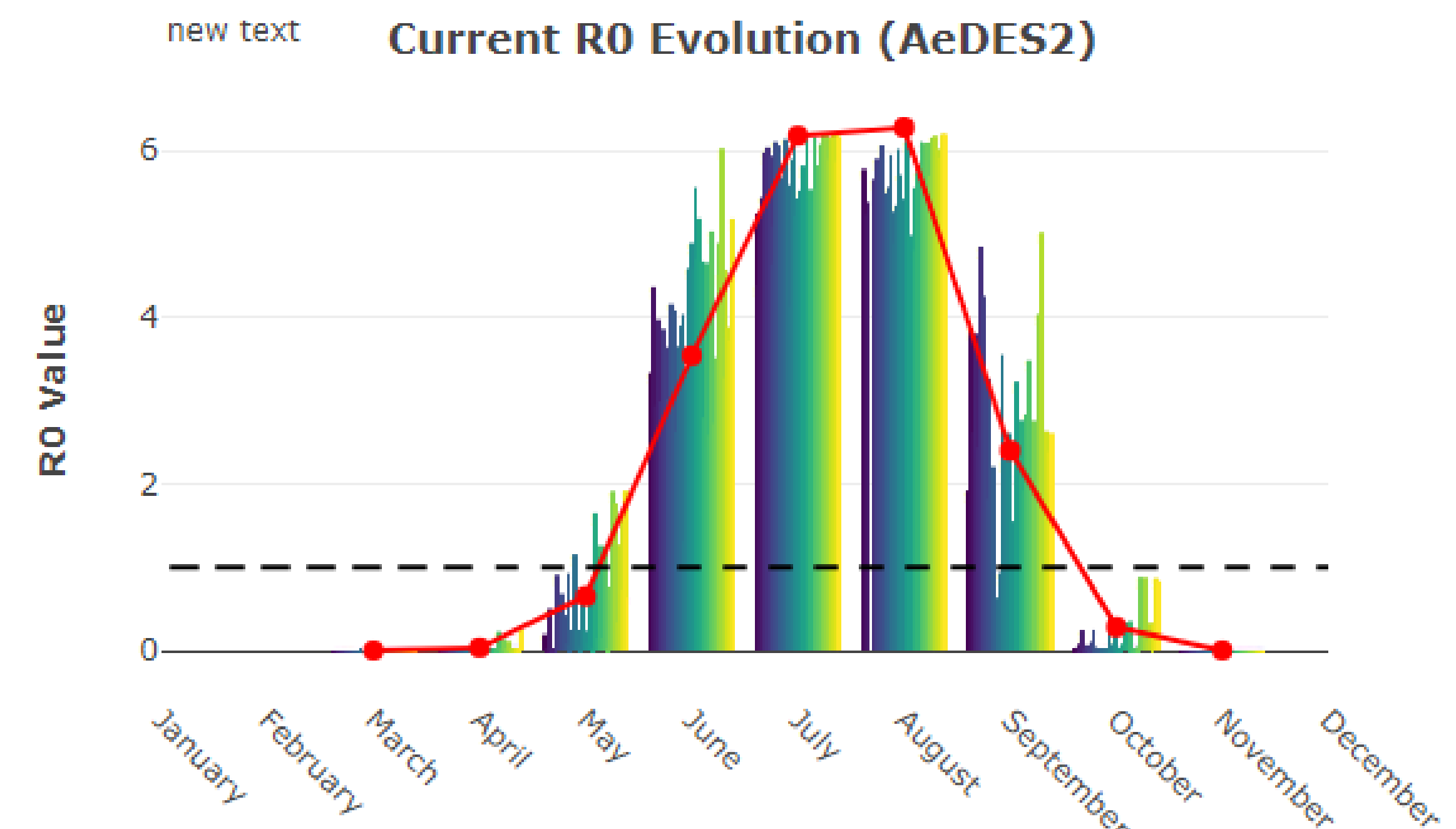


Fig. 5: Climatología de R_0 en Junio en Barcelona (cada barra es un año entre 1979-2023; en rojo, la evolución del año 2024)

Bibliografía y Referencias

1. Kelly-Hope, Louise and Madeleine C. Thomson (2008). 'Climate and Infectious Diseases'. en: In: Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6877-5_3.
2. WHO (2020). Global Strategy for dengue prevention and control: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA68/A68_29-en.pdf.
3. Muñoz, Á. G. et al. (2020). 'AeDES: a next-generation monitoring and forecasting system for environmental suitability of Aedes-borne disease transmission'. In: Scientific Reports 10.1. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69625-4>
4. Achaiah, Nithya C, Sindhu B Subbarajasetty and Rajesh M Shetty (Nov. 2020). 'R0 and COVID-19: Can We Predict When the Pandemic Outbreak will be Contained?' In: Indian Journal of Critical Care Medicine, pp. 1125-1127. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23649>.

5. Heesterbeek, Hans et al. (Mar. 2015). 'Modeling infectious disease dynamics in the complex landscape of global health'. In: Science 347.6227. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4339>.
6. Caminade, Cyril et al. (Jan. 2017). 'Global risk model for vector-borne transmission of Zikavirus reveals the role of El Niño 2015'. In: Proceedings of the National Academy of Sciences 114.1. <https://doi.org/10.1073/pnas.1614303114>.
7. Liu-Helmersson, Jing et al. (Mar. 2014). 'Vectorial Capacity of Aedes aegypti: Effects of Temperature and Implications for Global Dengue Epidemic Potential'. In: PLOS ONE 9.3. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089783>.
8. Mordecai, Erin A. et al. (Apr. 2017). 'Detecting the impact of temperature on transmission of Zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models'. In: PLOS Neglected Tropical Diseases 11.4 <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005568>.
9. Wesolowski, Amy et al. (Sept. 2015). 'Impact of human mobility on the emergence of dengue epidemics in Pakistan'. In: Proceedings of the National Academy of Sciences 112.38. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504964112>

AeDES2 Maproom (Shiny App)

