

Servicios climáticos para la salud

Coproducción de un sistema de alerta temprana para predecir epidemias de enfermedades sensibles al clima

Sesión 9 - 102326

XIII Congreso AEC

22 enero 2025

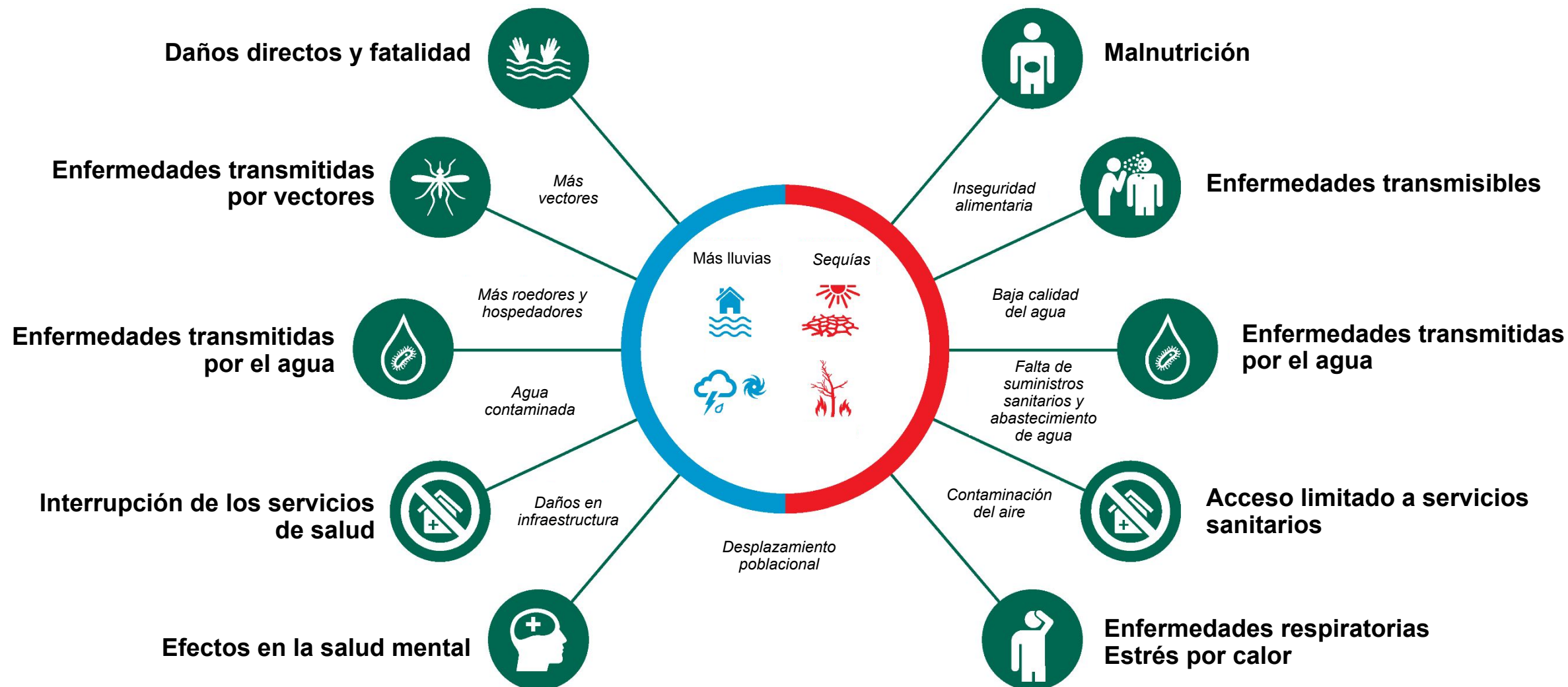
C. Fletcher, M. Lotto Batista, A. Llabrés-Brustenga, D. Lührsen, B. M. Carvalho, G. Müller, A. Gómez, S. López, P. M. Carcamo, G. Carrasco-Escobar, J. D. Umaña, M- Santos-Vega, R. Gracie, D. Ricardo Xavier, C. Barcellos, C. Codeço, L. Rollock, A, R. Diaz, S. J. Ryan, A. M. Stewart-Ibarra, M. Borbor-Cordova & R. Lowe.

En 2023 los casos de dengue en América Latina y el Caribe alcanzaron niveles récord, con más de 4.5 millones de personas afectadas

En 2023 los casos de dengue en América Latina y el Caribe alcanzaron niveles récord, con más de 4.5 millones de personas afectadas

En 2024 los casos de dengue excedieron los de 2023 por casi el triple, con aproximadamente 13 millones de casos

Riesgos sanitarios derivados de El niño



Objetivos

- Producir pronósticos probabilísticos de epidemias de enfermedades infecciosas sensibles al clima en áreas de América Latina y el Caribe, relacionadas con la Oscilación del Sur - El Niño (ENSO)
- Implementar una herramienta operativa de apoyo a la toma de decisiones para enfermedades sensibles a El Niño durante 2023/2024, generando predicciones mensuales del riesgo de epidemias en cada sitio con una antelación de 1 a 6 meses
- Desarrollar un formato de predicción sencillo y reproducible, que pueda implementarse de manera rápida y flexible en cualquier ubicación, ya sea para uso rutinario o durante eventos de El Niño o La Niña

Sitios de estudio y enfermedades

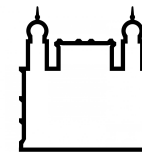
Argentina (Noreste):	Dengue & Leptospirosis
Barbados:	Dengue & Leptospirosis
Brasil:	Dengue
Brasil (Amazonas):	Malaria
Brasil (Sur):	Leptospirosis
Colombia:	Dengue & Malaria
Ecuador:	Dengue
Perú:	Dengue & Malaria



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

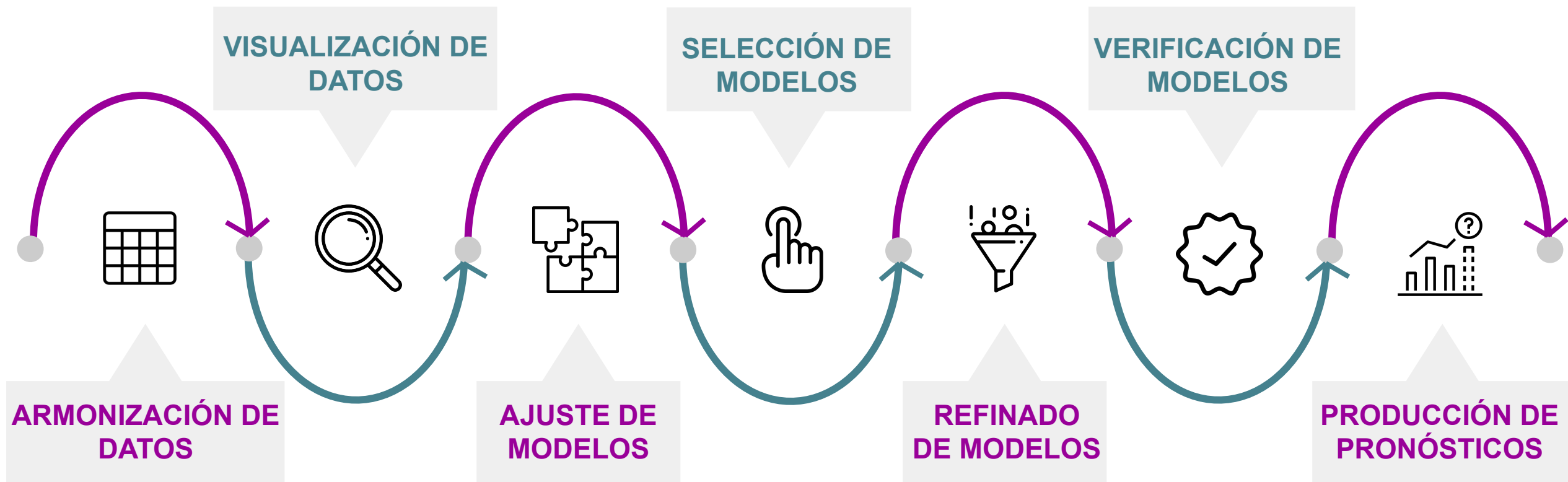


Escuela Superior
Politécnica del Litoral

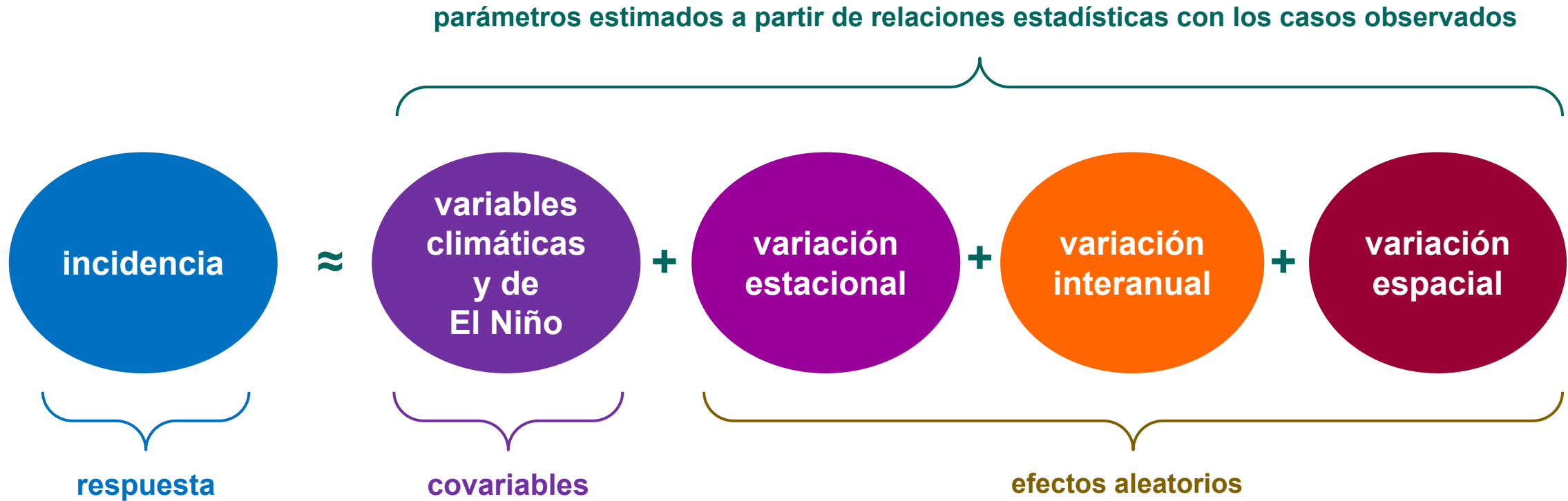


FIOCRUZ





temperatura		Temperature (Monthly Mean of Mean)	1-4 months lag	ERA5-Land / ERA5
		Temperature (Monthly Mean of Minimum)	1-4 months lag	
		Temperature (Monthly Mean of Maximum)	1-4 months lag	
		Temperature (3-Monthly Mean of Mean)	1-4 months lag	
		Temperature (3-Monthly Mean of Minimum)	1-4 months lag	
		Temperature (3-Monthly Mean of Maximum)	1-4 months lag	
precipitación		Precipitation (Monthly Mean)	1-4 months lag	CHIRPS v2 / ERA5-Land
		Precipitation (3-Monthly Mean of Mean)	1-4 months lag	
niño		Niño 1+2 Index	3-6 months lag	ERSST v5
		Niño 3.4 Index	3-6 months lag	
		Oceanic Niño Index (ONI)	3-6 months lag	
		Multivariate ENSO Index Version 2 (MEI v2)	3-6 months lag	



$$y_{s,t} \mid \mu_{s,t}, K \sim \text{NegBin}(\mu_{s,t}, K)$$

t = temporal index
s = spatial index
r = region index
i = covariate index
a(t) = annual index
m(t) = month index

$$\log(\mu_{s,t}) = \log(\rho_{s,t}) + \log(p_{s,a(t)})$$

población

$$\log(\rho_{s,t}) = \alpha + \sum_i \beta_i X_{i,s,t} + \delta_{r,m(t)} + \gamma_{r,a(t)} + u_s + v_s$$

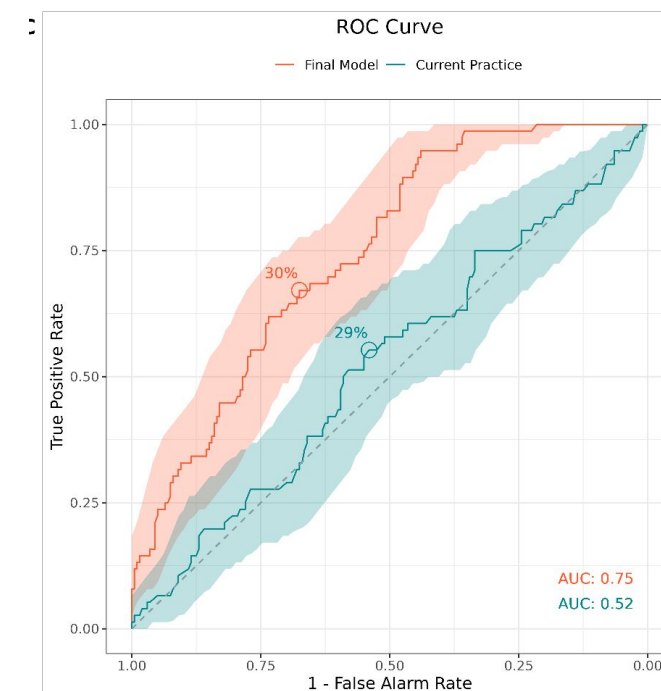
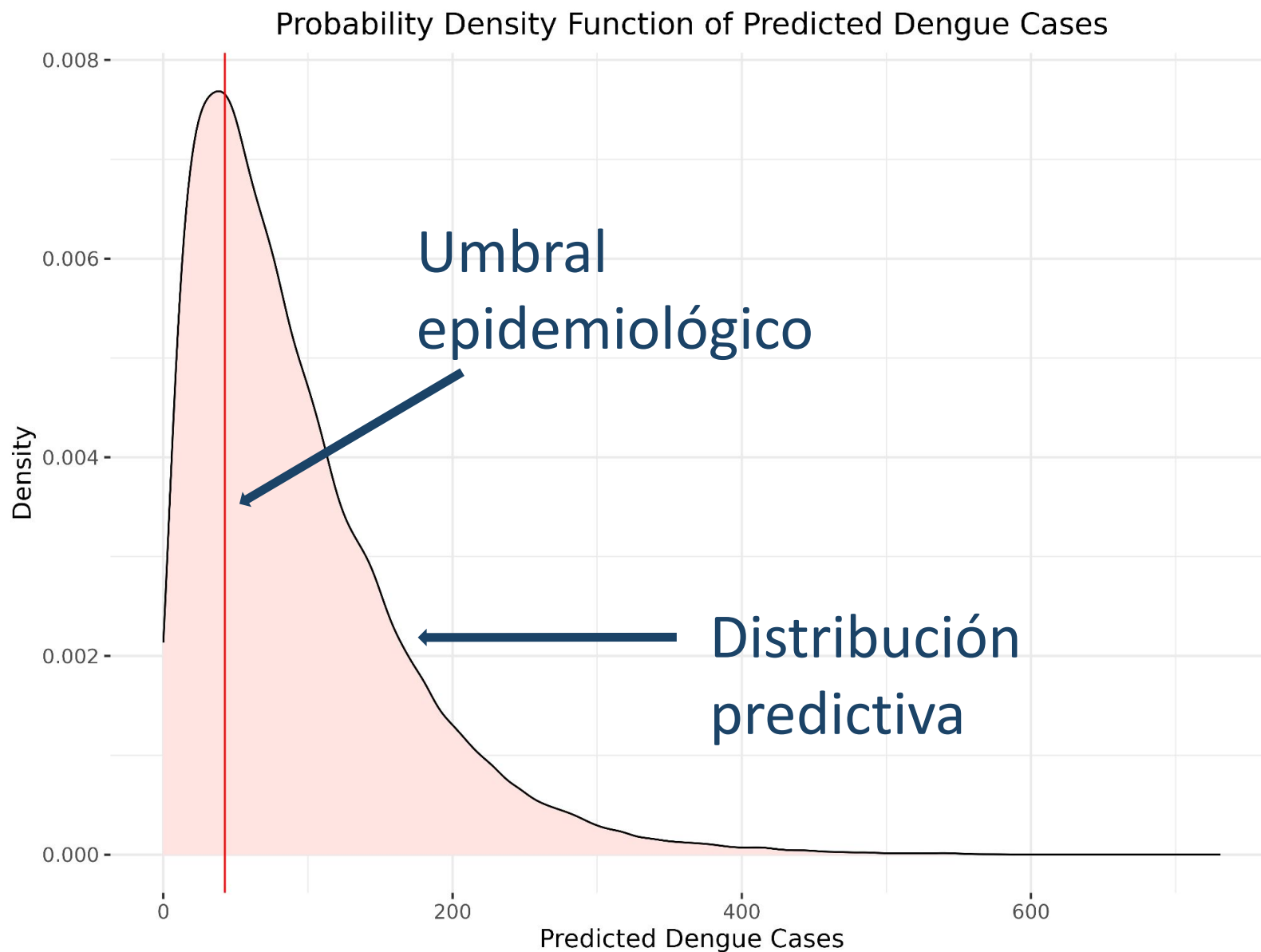
incidencia

covariables

variación
estacional

variación
interanual

variación
espacial



Cuantificación de la incertidumbre de las predicciones



**51 valores de
cada variable
climática**

Pronósticos climáticos

Cuantificación de la incertidumbre de las predicciones

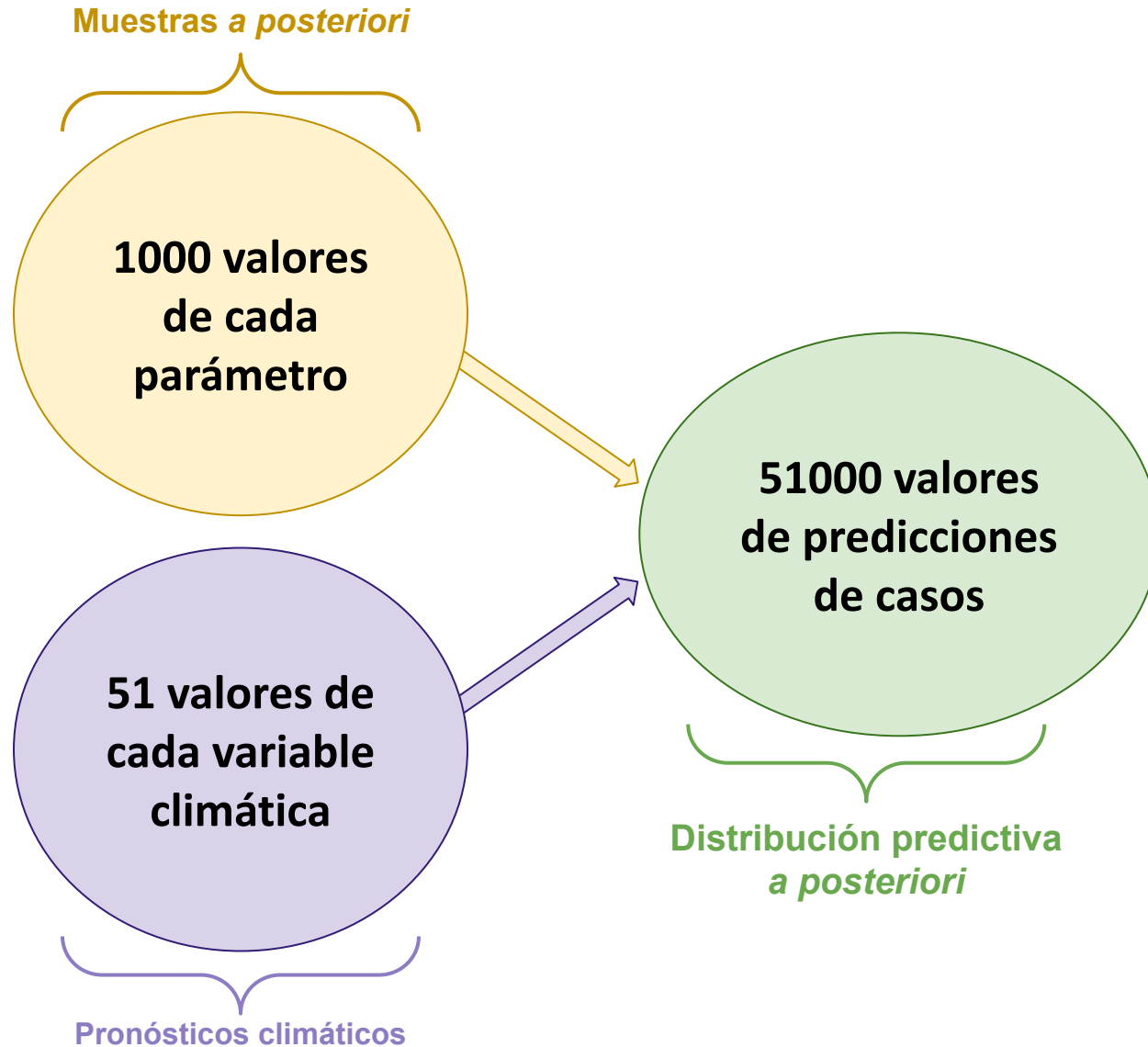
Muestras a posteriori

**1000 valores
de cada
parámetro**

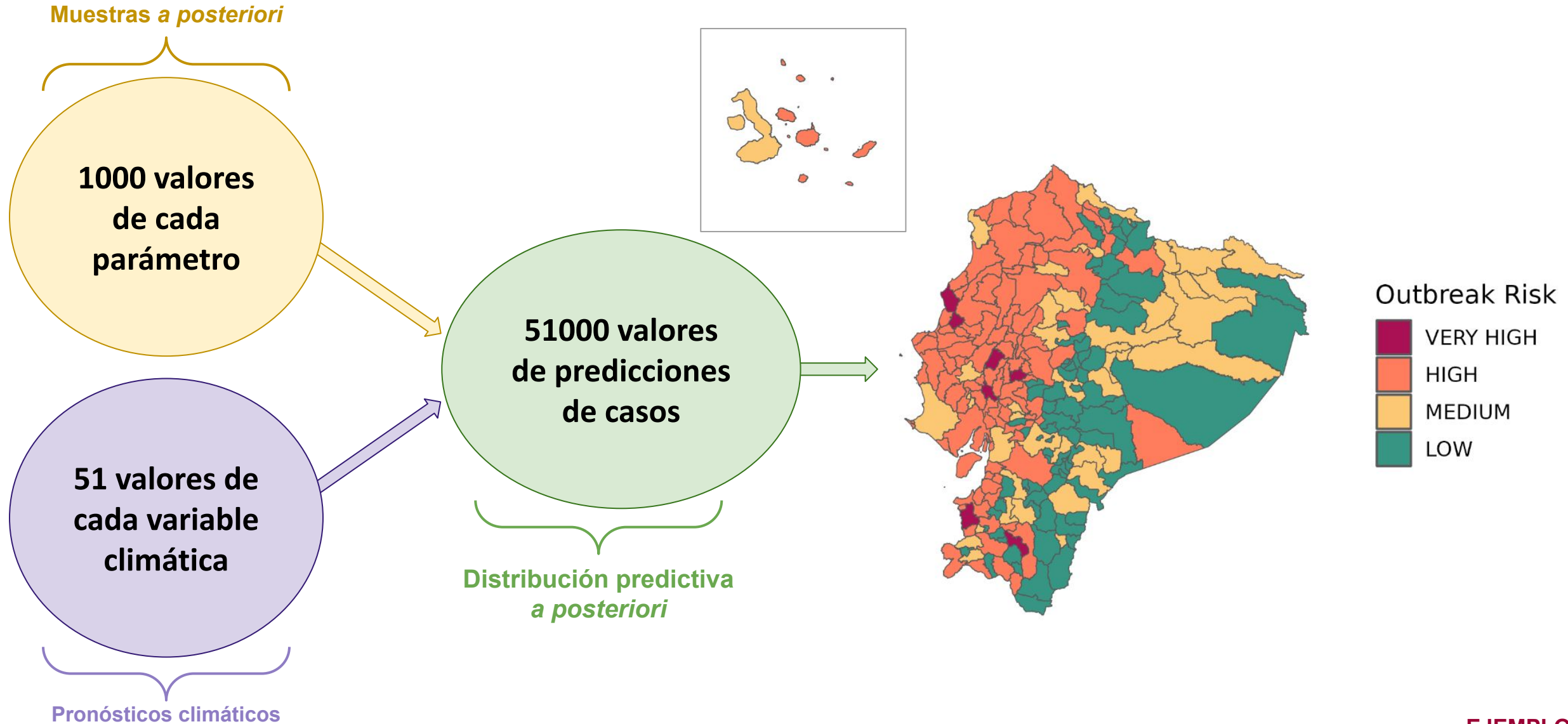
**51 valores de
cada variable
climática**

Pronósticos climáticos

Cuantificación de la incertidumbre de las predicciones



Cuantificación de la incertidumbre de las predicciones



Traduciendo el riesgo de epidemia a la acción epidemiológica

BAJO

ACCIÓN DE RUTINA

MEDIO

ATENCIÓN

ALTO

ALERTA

MUY ALTO

TOMAR ACCIÓN

Traduciendo el riesgo de epidemia a la acción epidemiológica

$\% < 30$

BAJO

ACCIÓN DE RUTINA

$30 \leq \% < 50$

MEDIO

ATENCIÓN

$50 \leq \% < 70$

ALTO

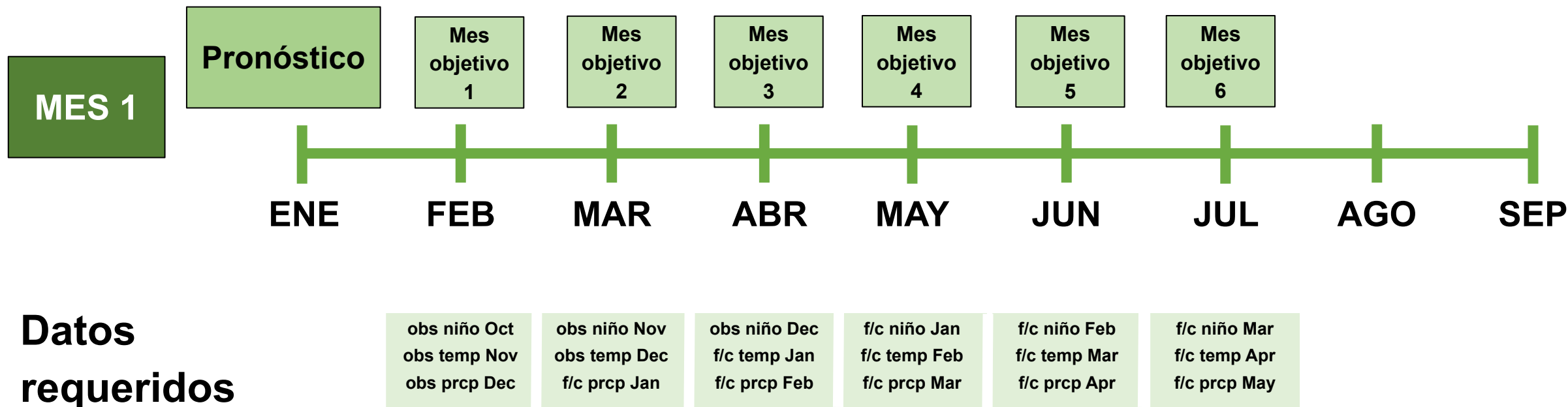
ALERTA

$70 \leq \%$

MUY ALTO

TOMAR ACCIÓN

Esquema de producción de pronósticos



Modelo: Niño Region 3.4 SST anomalies (lag 4) + Mean Temperature (lag 3) + Precipitation (lag 2)

The forecast predictions are for dengue.

Threshold:

☒ 75th percentile

☐ 95th percentile

Target month:

☐ Oct 2023

☐ Nov 2023

☒ Dec 2023

☐ Jan 2024

☐ Feb 2024

☐ Mar 2024

Select color palette:

☒ Traffic light

☐ Colorblind friendly

☐ Greyscale

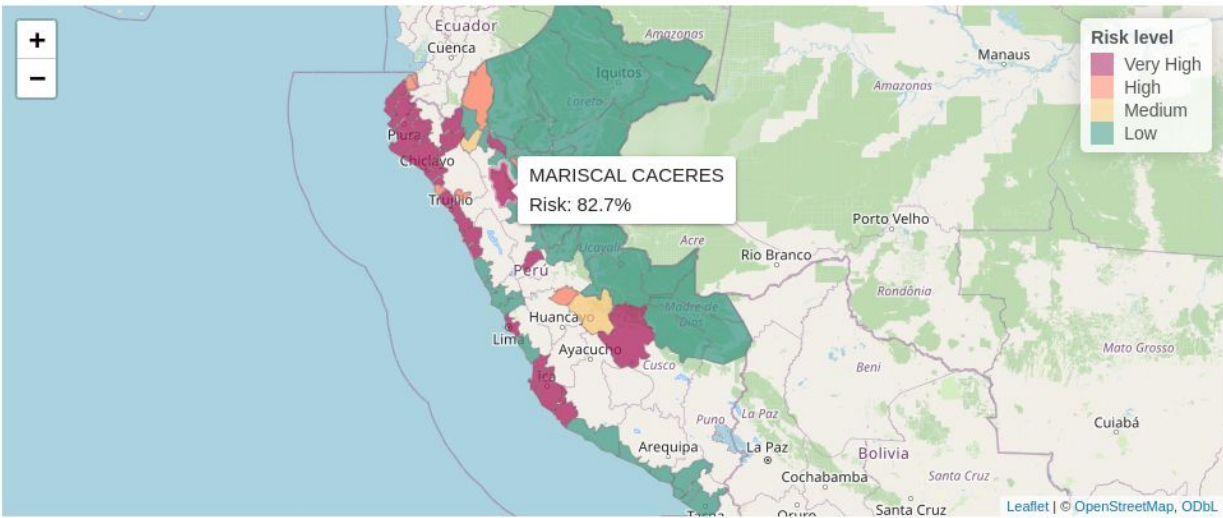
Select forecast period:

Sep 2023 (valid for Oct 2023 - Mar 2024) ▾

☐ Display absolute threshold values

National

Local



This spatial map shows the outbreak risk level for the forecast month over Peru.

You can manually change the forecast month of interest in the options on the left. This enables users to track how the outbreak risk level changes over time and space.

The risk levels are assigned as followed:

Color	Category	Outbreak probability
Low	Low	[0, 19)%
Medium	Medium	[19, 40)%
High	High	[40, 70)%
Very High	Very High	[70, 100)%

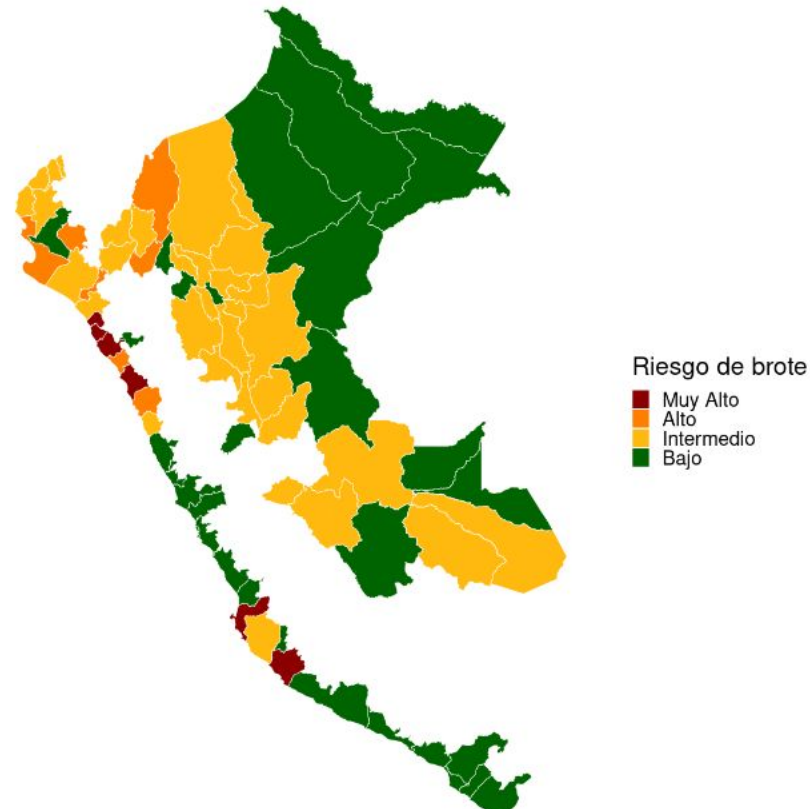
Perú: Boletín de Previsión de Riesgo de Dengue

Febrero 2024

Sobre ENDCast

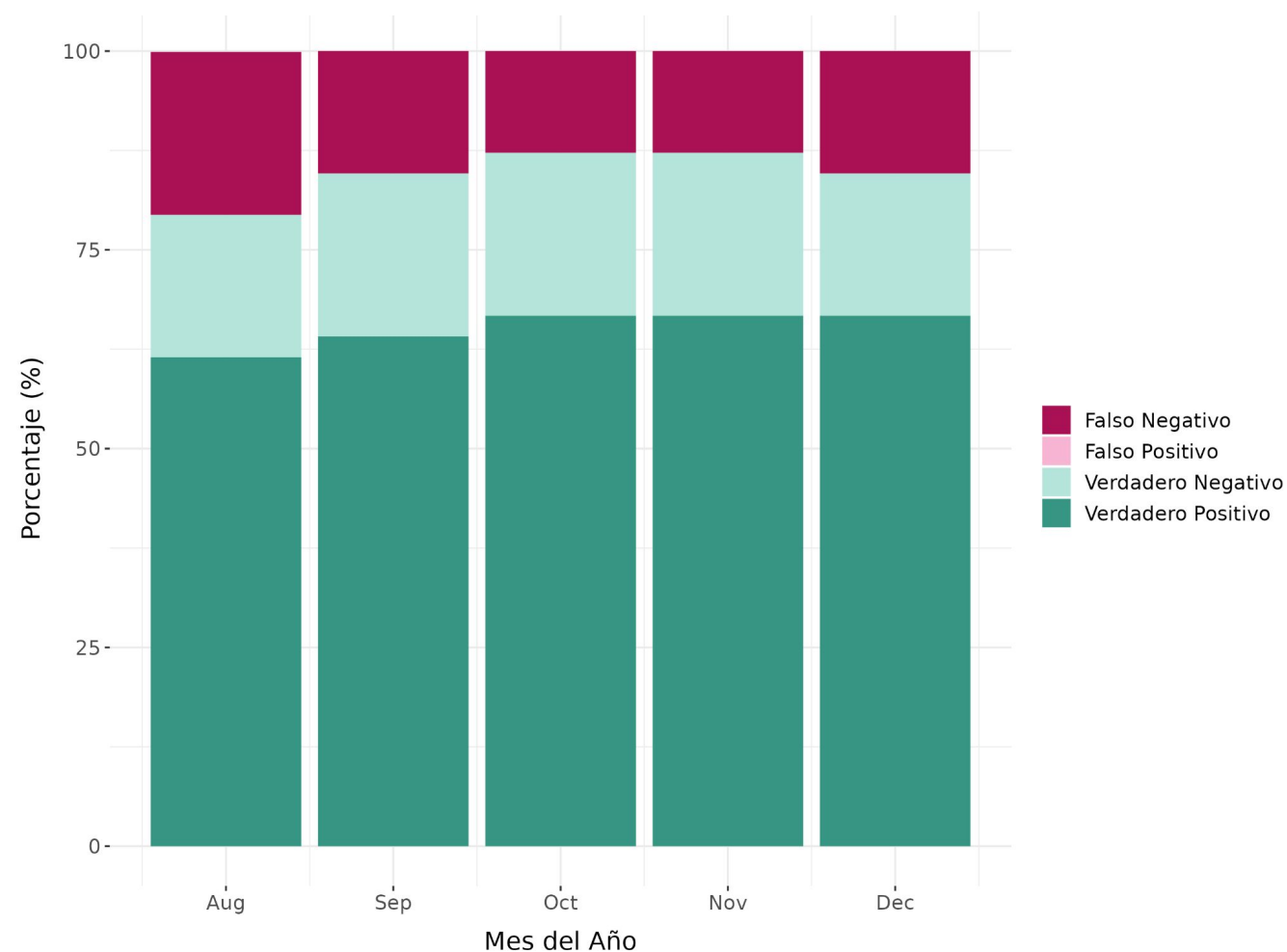
ENDCast (*El Niño Driven Disease Forecasting*, en inglés) es un sistema de alerta temprana que predice el riesgo de brotes de enfermedades infecciosas sensibles al clima con hasta seis meses de anticipación. El sistema se mantendrá activo durante el evento El Niño de 2023-2024 debido al riesgo incrementado de eventos climáticos extremos que puedan impactar la salud humana. A la fecha, ENDCast genera predicciones de riesgo de dengue, malaria y leptospirosis en zonas de alta transmisión en América Latina y el Caribe, incluyendo Argentina, Barbados, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú.

Predicciones para Marzo



- **Cross validation:**
 - AUC 0.76,
 - TPR: 65%,
 - FPR: 26%
- **2023 El Niño,**
 - TPR: 64%,
 - FPR: 5%
- **Precisión en la predicción entre 69% y 74% con 3 meses de antelación**
- Las predicciones no incluyeron efectos interanuales

Precisión en la detección de epidemias con 3 meses de antelación (Región de COSTA)



- Evaluar las proyecciones de riesgo generadas durante el evento de El Niño 2023/ 2024 en base a los casos observados
- Colaborar con los ministerios de salud nacionales para incluir datos en tiempo real de casos de enfermedades en el modelo de predicción, con el fin de mejorar la precisión predictiva
- Incorporar indicadores adicionales en el modelo de predicción (por ejemplo, datos de seroprevalencia, uso del suelo, variables socioeconómicas, etc.)
- Colaborar con agencias de salud y clima locales, nacionales o regionales para el desarrollo de sistemas de alerta temprana

Agradecimientos

Barcelona Supercomputing Center:

Chloe Fletcher, Rachel Lowe, Martín Lotto Batista,
Daniela Lührsen, Bruno M. Carvalho, Alba Llabrés-Brustenga

Barbados Ministry of Health & Wellness:

Leslie Rollock

Escuela Superior Politécnica del Litoral:

Mercy Borbor-Cordova

Fundação Oswaldo Cruz:

Christovam Barcellos, Renata Gracie

Inter-American Institute for Global Change Research:

Anna M. Stewart-Ibarra

CONICET and Universidad Nacional Litoral:

Soledad López, Gabriela V. Müller, Andrea Gómez

Universidad de los Andes:

Mauricio Santos-Vega, Juan D. Umaña

Universidad Peruana Cayetano Heredia:

Gabriel Carrasco-Escobar, Paloma M. Carcamo

University of Columbia:

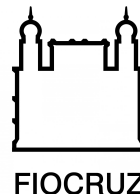
Avriel R. Diaz

University of Florida:

Sadie J. Ryan



UNIVERSIDAD PERU/
CAYETANO H



Muchas gracias