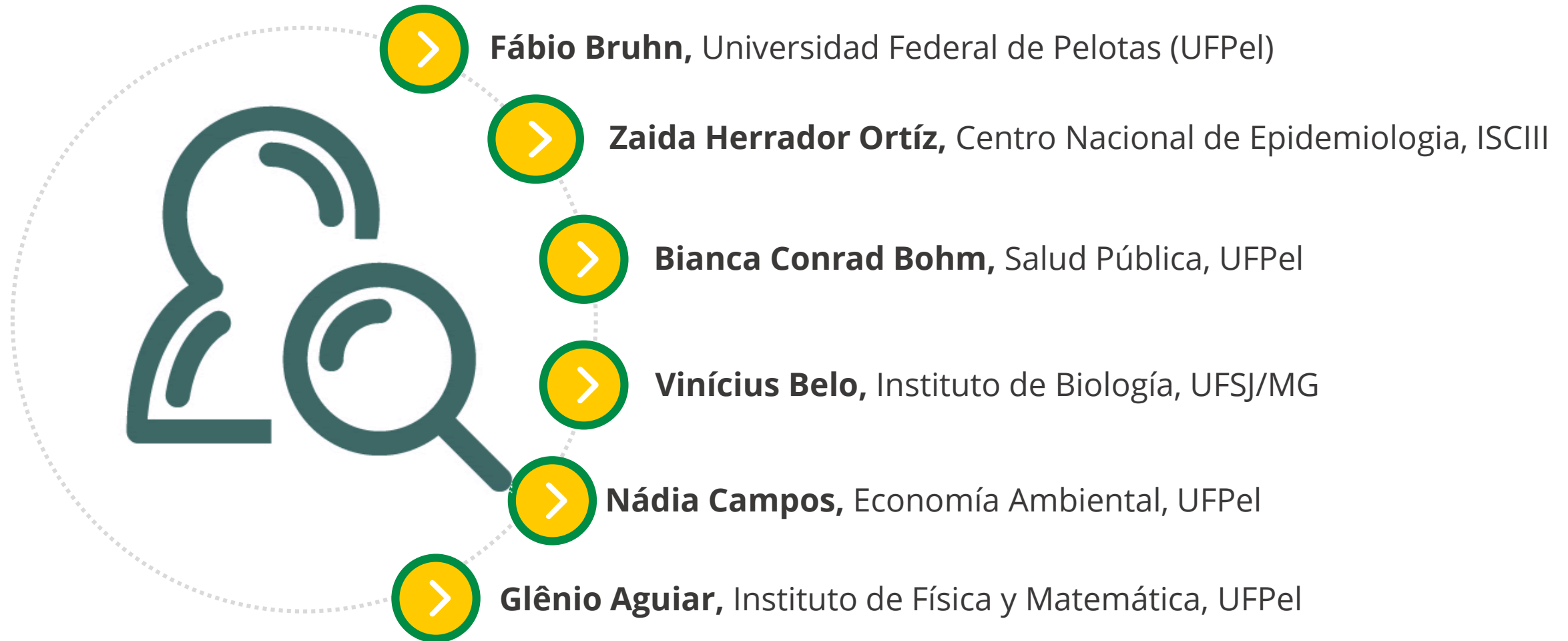


Vulnerabilidad y riesgo de la expansión de enfermedades infecciosas en la Amazonía Legal brasileña

Fábio Raphael Pascoti Bruhn

Madrid, 2025

INVESTIGADORES



INTRODUCCIÓN



La Amazonia Legal brasileña y sus pueblos constituyen sistemas humano-ambientales que enfrentan una **multitud de amenazas socioambientales**.



Adoptamos el marco teórico del **Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático** (IPCC) para evaluar la vulnerabilidad a enfermedades en la Amazonía Legal brasileña, ya validados por Rorato et al. (2022) y Winck et al. (2022).



La **vulnerabilidad** a las enfermedades infecciosas se considera una función de la **Exposición** (EX), la **Sensibilidad** (SE) y la **Capacidad de Adaptación** (AC) de un sistema frente a amenazas derivadas de ciertas **actividades económicas**.



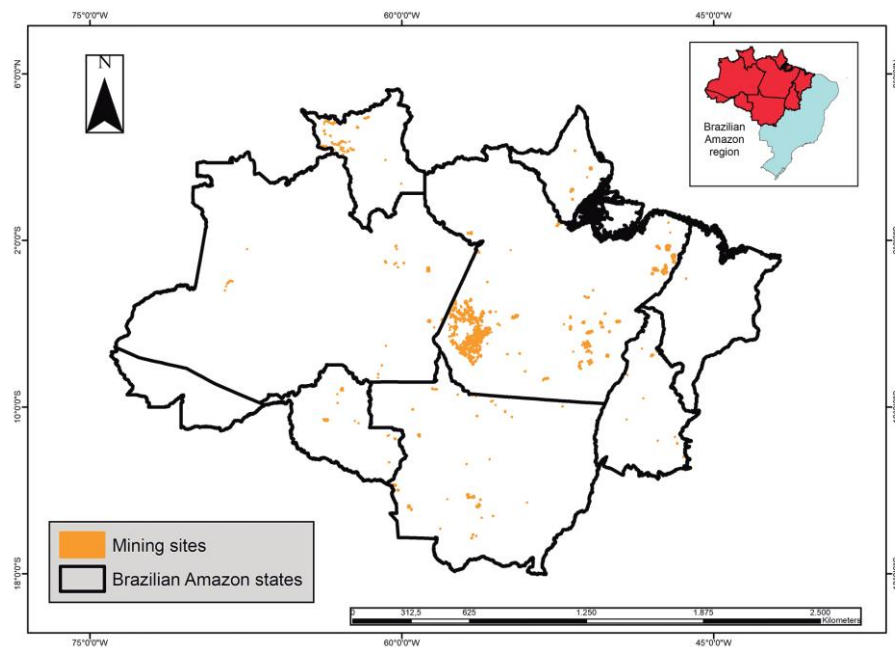
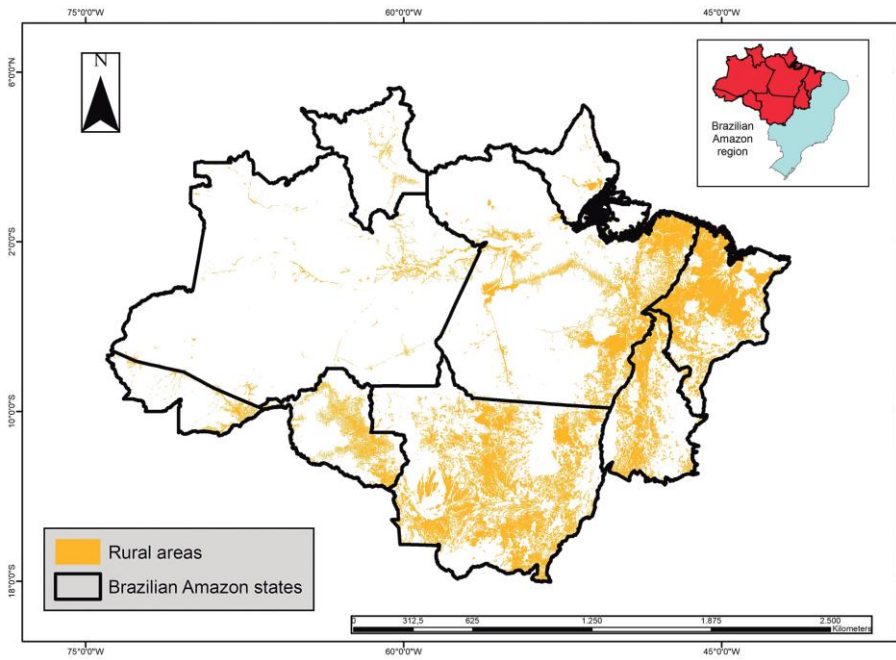
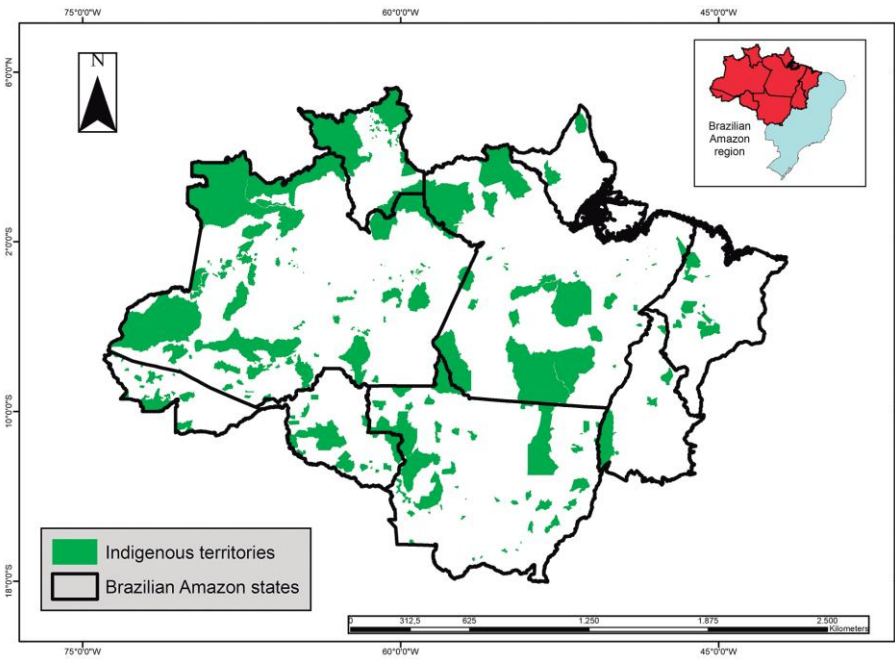
Este estudio pretende desarrollar un **análisis de riesgo** para **malaria, dengue, leishmaniasis y tuberculosis** que involucre la evaluación integrada de determinantes **económicos, socioambientales y climáticos** en la Amazonia Legal Brasileña

ÁREA DE ESTUDIO

- **Amazonía Legal Brasileña:** 59% del territorio brasileño.
- Incluye toda la **Amazonía** y parte de los biomas del **Cerrado (Sabana)** y **Pantanal (Humedales)**.
- Extensión de 5,15 millones de km² de los 7,59 millones de km² de la Pan-Amazonía.
- Comprende los estados de Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Mato Grosso, Tocantins y parte de Maranhão.
- En la Amazonía brasileña viven 1,7 millones de indígenas, pertenecientes a 305 pueblos, que hablan 274 lenguas diferentes y habitan en más de 6.238 aldeas.

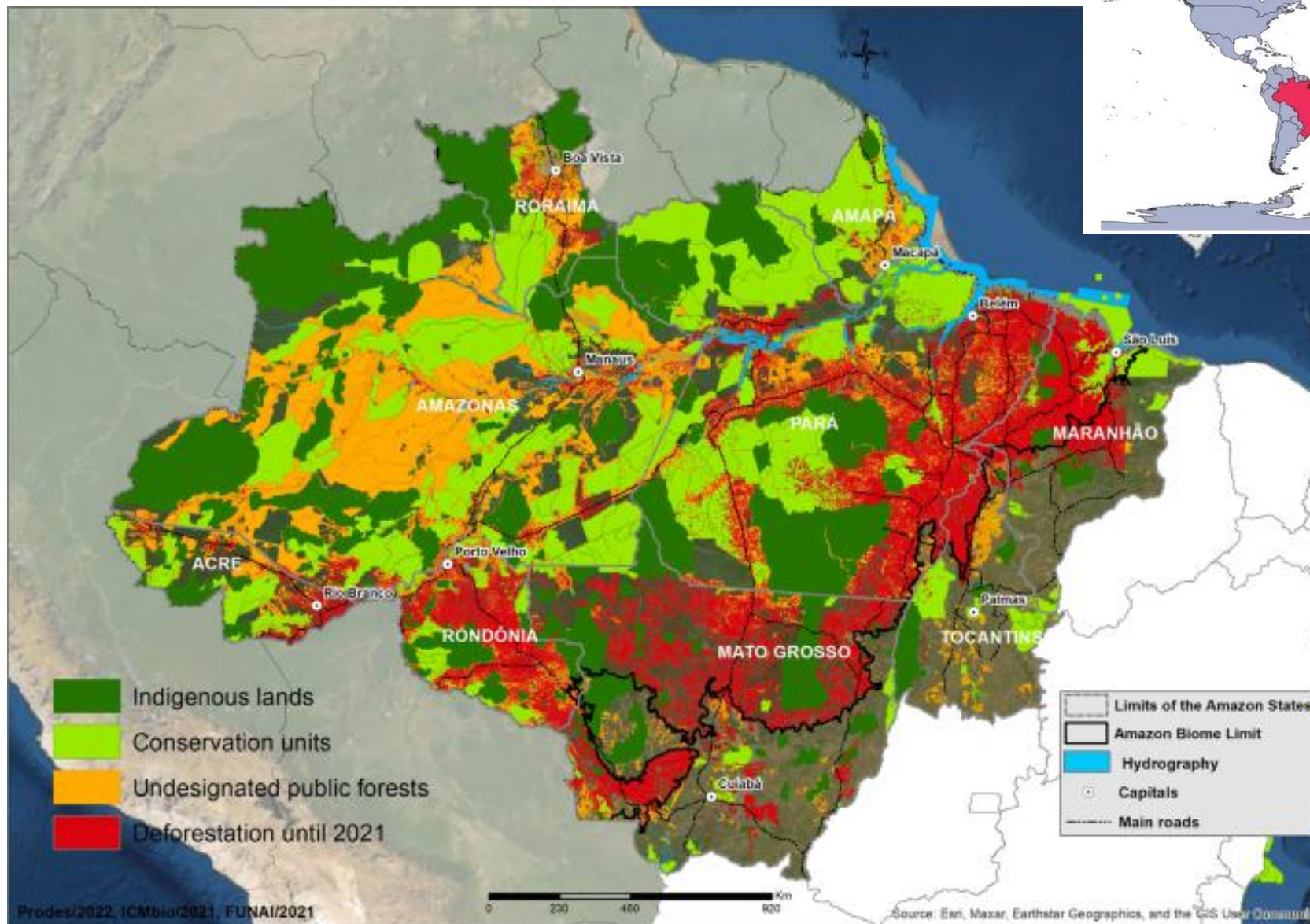
(IBGE (2023))

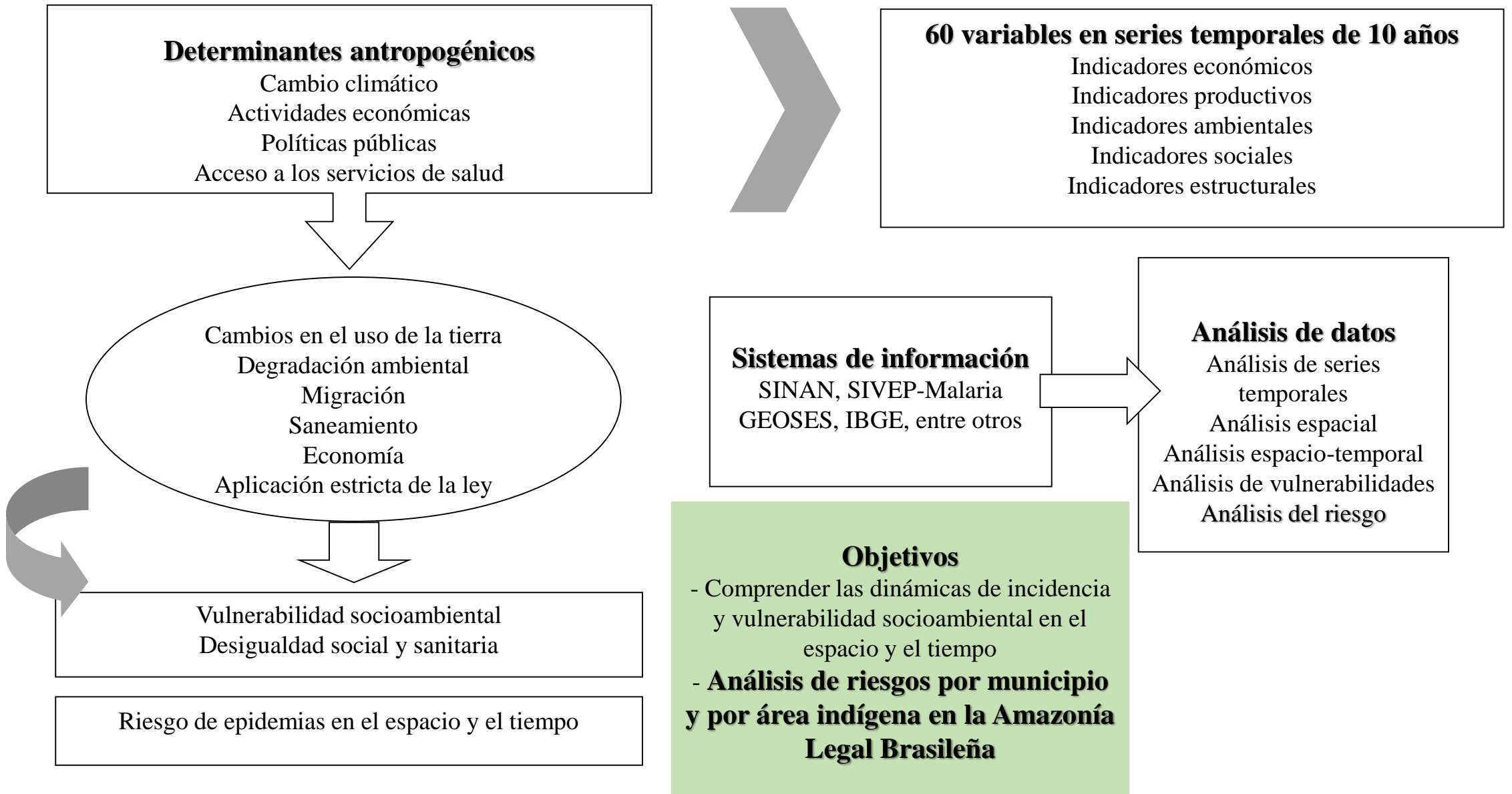




- **Minería, frontera agrícola, deforestación**
- Boom-colapso – **POBREZA**
- Malaria: **15.257** casos en 2014 a **54.745** casos en 2023
- Entre **2019 y 2022, 570 niños** indígenas de hasta cinco años de edad murieron por causas que **podrían haberse evitado** con el funcionamiento adecuado del servicio de salud, como **neumonía, diarrea, malaria y desnutrición**
- **Estado de Emergencia** en Salud Pública de Importancia Nacional a **finales de 2023**

ÁREAS PROTEGIDAS, BOSQUES PÚBLICOS NO DESIGNADOS Y LA DEFORESTACIÓN EN LA AMAZONÍA BRASILEÑA.





Modelo conceptual y analítico de las relaciones causales entre los determinantes, representados por indicadores ambientales, socioeconómicos y de infraestructura, y la ocurrencia de epidemias por enfermedades infecciosas en el espacio y el tiempo

MARCO CONCEPTUAL PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS



Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Nguyen et al. (2016); Rorato et al. (2022)

MARCO CONCEPTUAL



EXPOSICIÓN - Ganado

- ❑ Brasil es el país con el **mayor rebaño de ganado del mundo**, con 218 millones de cabezas.
- ❑ En 2022, las exportaciones de carne **aumentaron un 26%** en volumen en comparación con el año anterior, con 2,34 millones de toneladas exportadas.
- ❑ **Para 2030**, se espera un aumento total del **30,5% en las exportaciones**.



EXPOSICIÓN - Agricultura

- ❑ En los últimos años, Brasil se ha mantenido como el **cuarto mayor productor de granos del mundo** y el **segundo mayor exportador**.
- ❑ En cuanto a la **soja, Brasil es el mayor productor y exportador**, ocupando el 50% del comercio mundial.
- ❑ El café y el azúcar también baten récords de producción.



EXPOSICIÓN - Minería

- La **contaminación del suelo y del agua por mercurio** en las regiones mineras es un gran desafío en la Amazonía.
- Proyecto de ley n° 191/20
- En las Tierras Indígenas Yanomami, entre **2018 y 2022**, el área afectada por la minería **aumentó más del 300%**, alcanzando un total de 5.053,82 hectáreas de territorio devastado.
- El **60% de los ríos habitados (y el 61% de estos pueblos indígenas)** en este territorio indígena **están directamente afectados** por la minería.



MARCO CONCEPTUAL

¿QUIÉN ES VULNERABLE A QUÉ?

SENSIBILIDAD

La sensibilidad estará en función de:

- i) Deforestación;
- ii) Incendios;
- iii) Carreteras y vías fluviales;
- iv) Falta de gobernanza;
- v) Crecimiento de la población.
- vi) **Pobreza;**
- vii) **Aumento de la inseguridad alimentaria;**
- viii) **Deterioro de la salud.**

VULNERABILIDAD

EXPOSICIÓN

Es la amenaza: la magnitud, duración y/o medida en que el sistema está en sujeto a ella

SENSIBILIDAD

El grado en que un sistema se ve afectado de manera adversa

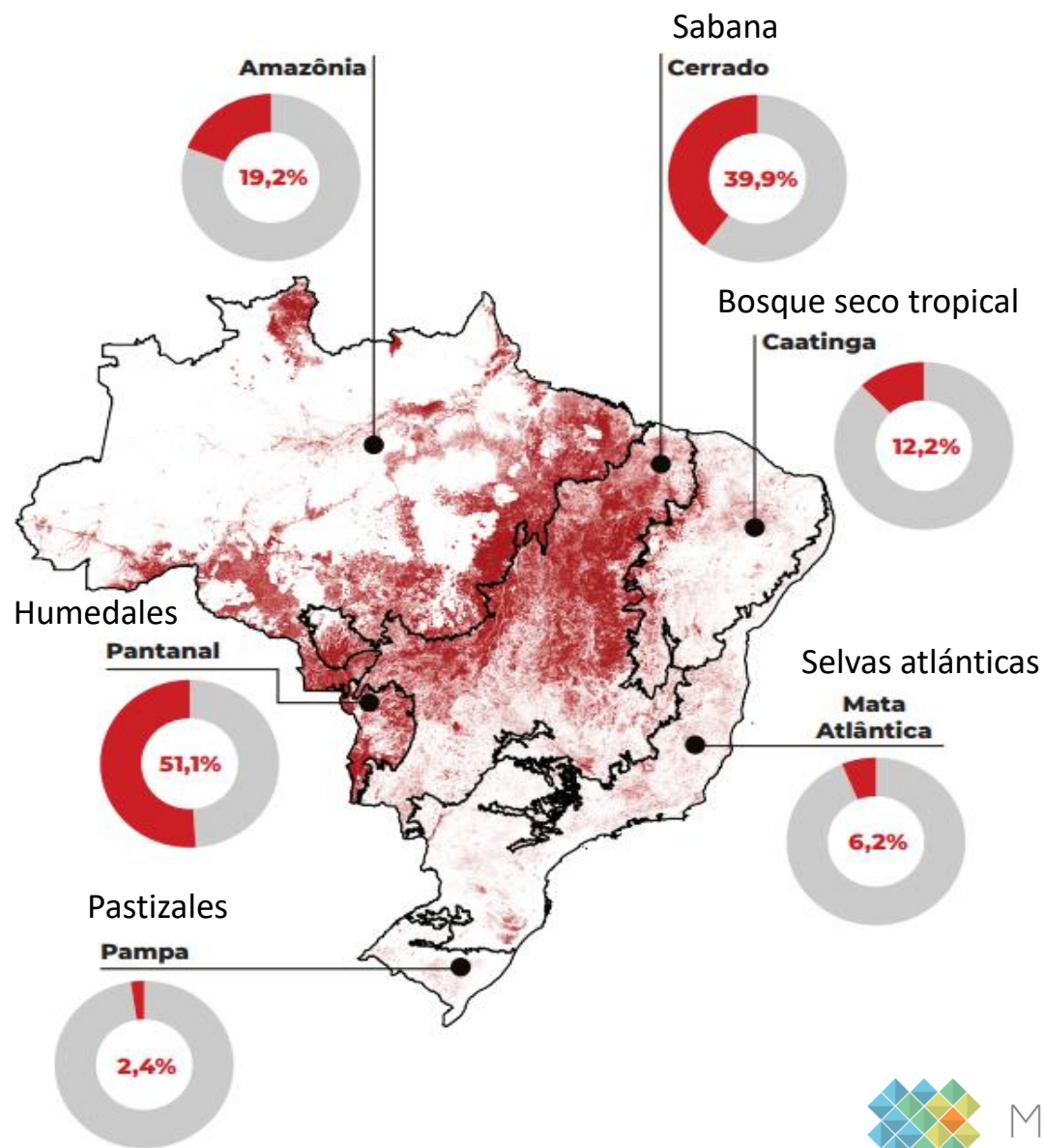
CAPACIDAD ADAPTATIVA

La capacidad del sistema para adaptarse a cambios o amenazas para moderar daños potenciales, aprovechar oportunidades o hacer frente a las consecuencias.

SENSIBILIDAD

ZONA QUEMADA POR BIOME DE 1985 A 2022

La conversión de tierras en la Amazonía Legal (principalmente **Mato Grosso** y **Pará**) es el principal motor del crecimiento del rebaño bovino en Brasil.

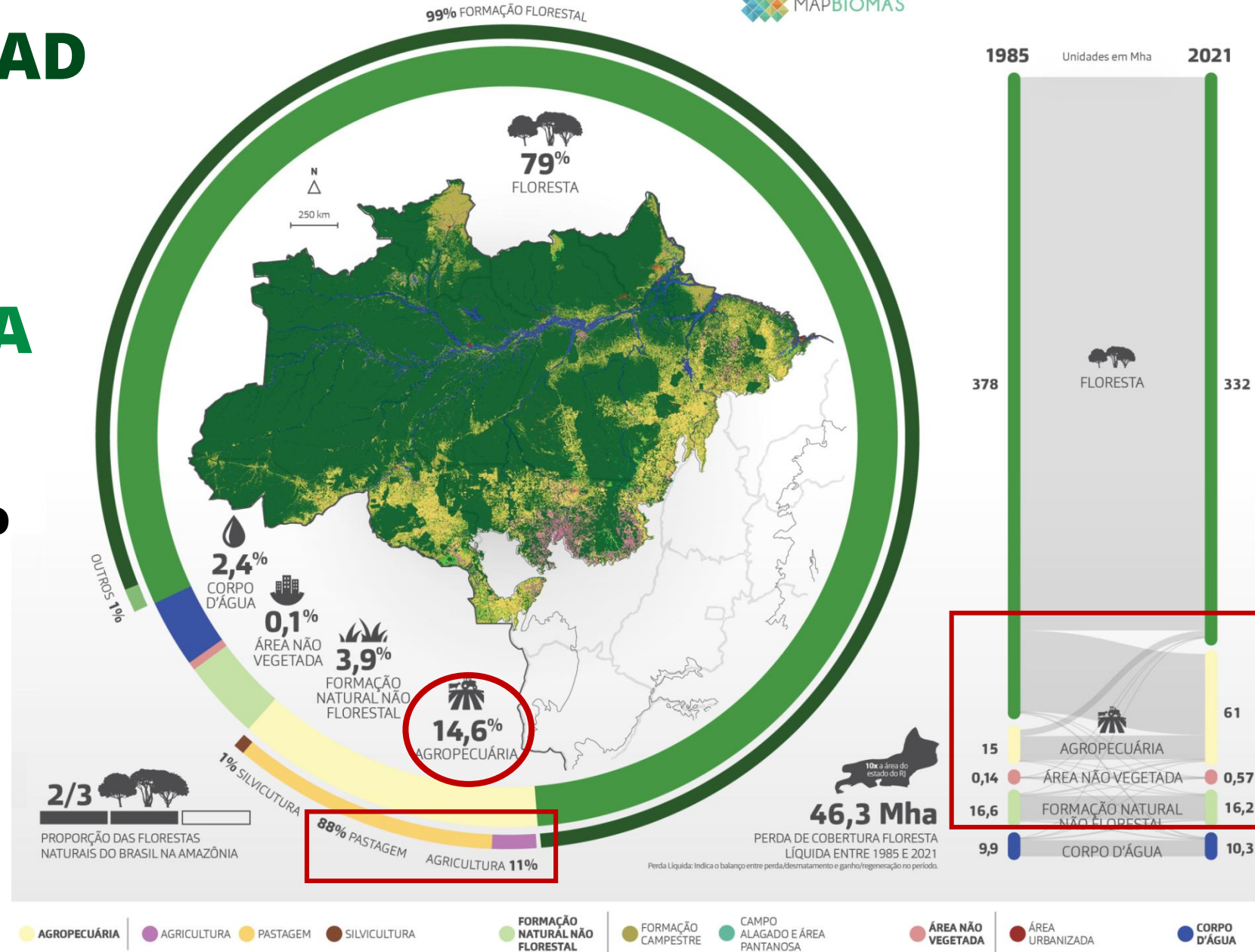


SENSIBILIDAD



AMAZONA

Cobertura y uso del suelo (1985-2021)

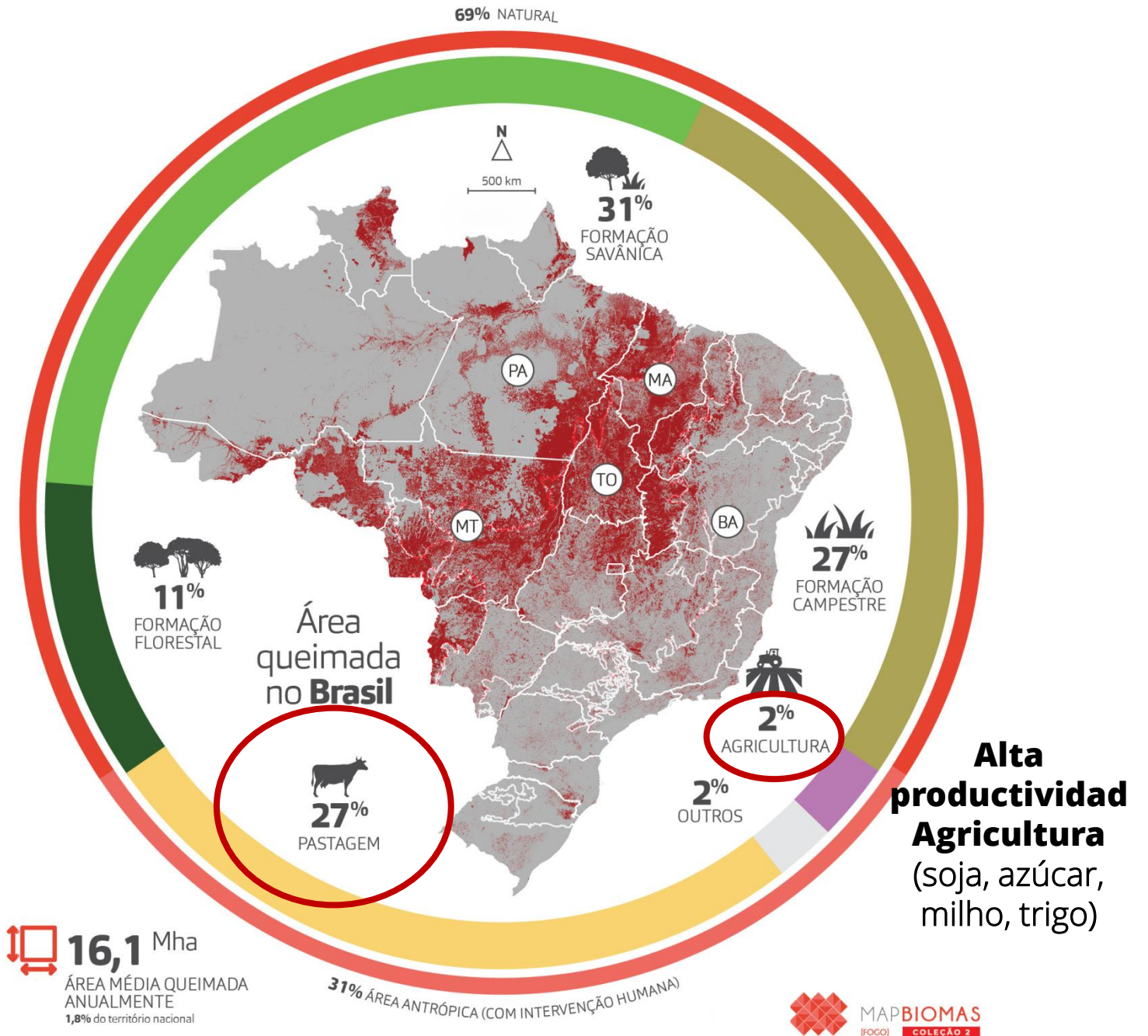


SENSIBILIDAD

INCENDIO EN BRASIL (1985-2022)

Cambio en el uso de la tierra:

- Áreas de **vegetación nativa para el ganado**.
- Los pastizales se están convirtiendo en plantaciones agrícolas.
- Principal determinante: **precio** de los granos en el mercado internacional



SENSIBILIDAD

- ❑ Más de **1,85 millones de km²** (o el **21,8%** del territorio nacional) fueron consumidos por el **fuego** entre **1985 y 2022**.
- ❑ En el caso del acumulado en **38 años**, la superficie equivale a más de **tres veces el tamaño de España**; o **la mitad de Portugal por año en promedio**.
- ❑ O pico de desmatamento ocorreu em 2022, quando quase 20 mil km² de floresta foram desmatados, o pior ano desde 2004.



¿QUIÉN ES VULNERABLE A QUÉ?

La degradación ambiental, causada por las actividades **económicas**, la **minería** y el **cambio climático**:

- Reduce la disponibilidad de especies que contribuyen a la diversidad nutricional o proporcionan aceites o medicamentos;
- Dificulta la caza;
- Contaminación del suelo y del agua;**
- Secas.**

- Implicaciones para la diversidad nutricional y la seguridad alimentaria de las comunidades locales**



¿QUIÉN ES VULNERABLE A QUÉ?

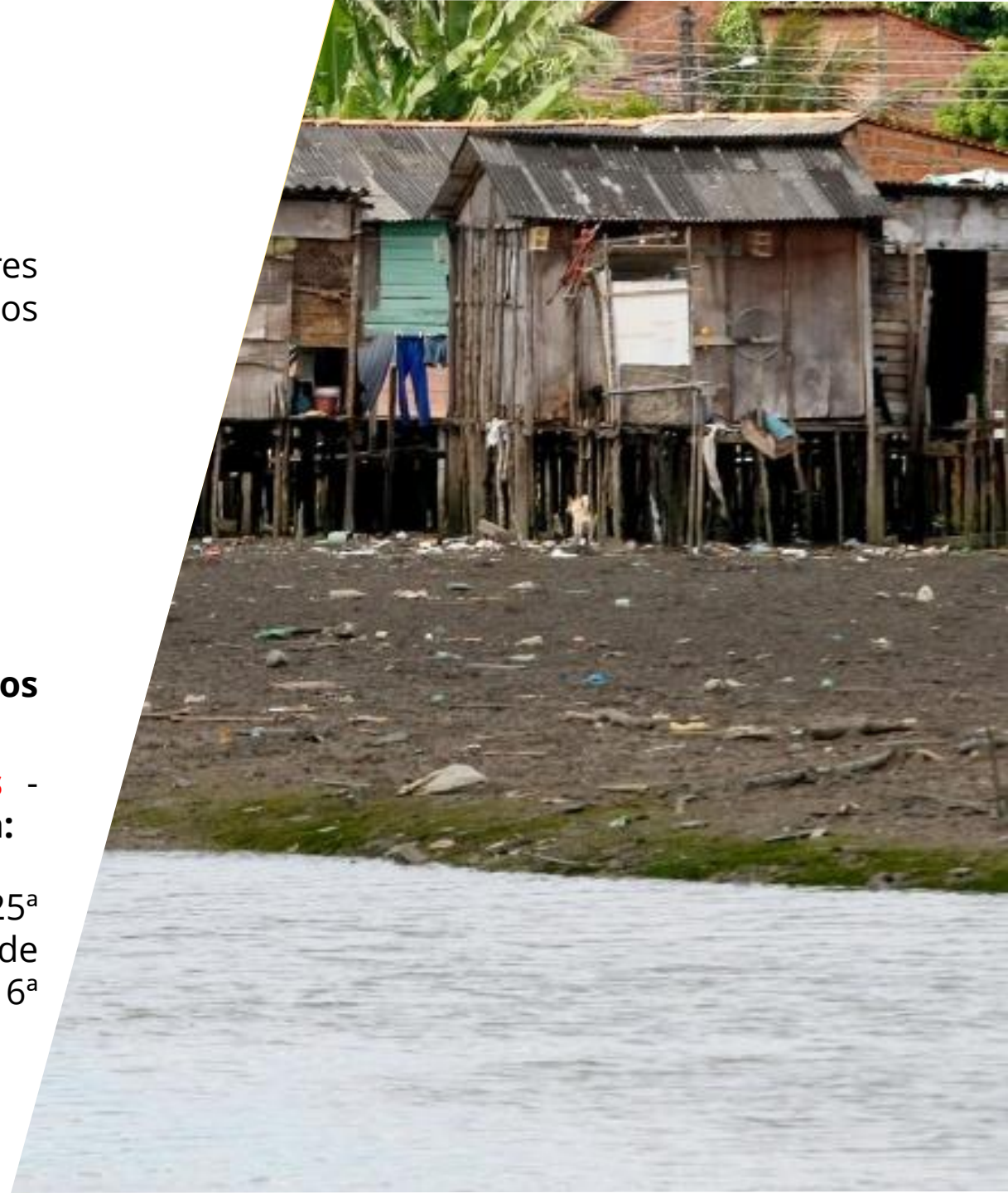
□ Así, la **agricultura**, la **ganadería** y el **minería**, como impulsores de perturbaciones socioambientales, generan beneficios materiales para **grupos y áreas restringidas**.

- Soja: ADM, Bunge, Cargill, Louis Dreyfus Company
- Carne de res: JBS, Marfrig, Minerva
- Minería: Vale Rio Doce, mineros ilegales

□ **La carga impregna una amplia gama de áreas y grupos sociales.**

• Entre los 27 estados brasileños, los cuatro **más pobres** - Producto Interno Bruto (PIB) más bajo - **están en la Amazonía:**

• Roraima (27ª posición), Acre (26ª posición), Amapá (25ª posición), Tocantins (24ª posición), seguidos por los estados de Rondônia (22ª posición), Maranhão (17ª posición), Amazonas (16ª posición), Mato Grosso (12ª posición), Pará (10ª posición).



¿QUIÉN ES VULNERABLE A QUÉ?

•La fragmentación de los ecosistemas, que conduce a la deforestación, la **pérdida de biodiversidad**, la **calidad del agua y del suelo**, altera el **microclima** y **aumenta los reservorios de enfermedades y vectores** en **contacto con las comunidades humanas**, generando **desbordamientos**, con aumento en el **riesgo de epidemias** y **enfermedades emergentes**.

•Aumento de casos (y muertes)

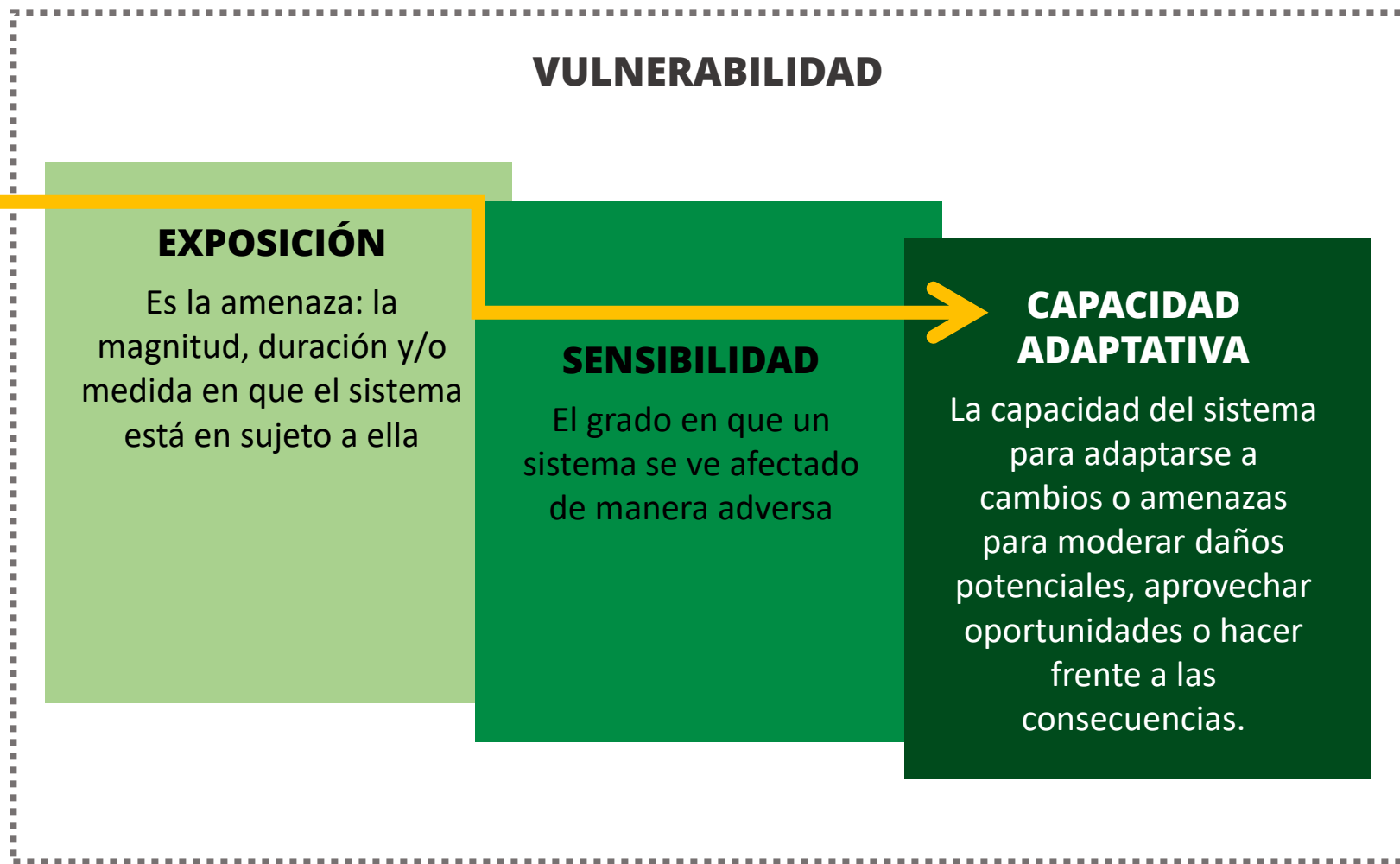
- Leishmaniasis, Malaria, Tuberculosis, Enfermedad de Chagas, Leptospirosis y Dengue, entre otras



MARCO CONCEPTUAL

La capacidad adaptativa estará en función de:

- (i) Educación - Acceso al conocimiento y Esperanza de Vida
- (ii) Salud - Acceso a los servicios de salud
- (iii) Vivienda - Acceso a un sistema de suministro de agua y alcantarillado sanitario
- (iv) Vivienda - Hogares aptos para vivienda
- (v) Unidades de Conservación (Protección Integral y Uso Sostenible)



CAPACIDAD ADAPTATIVA

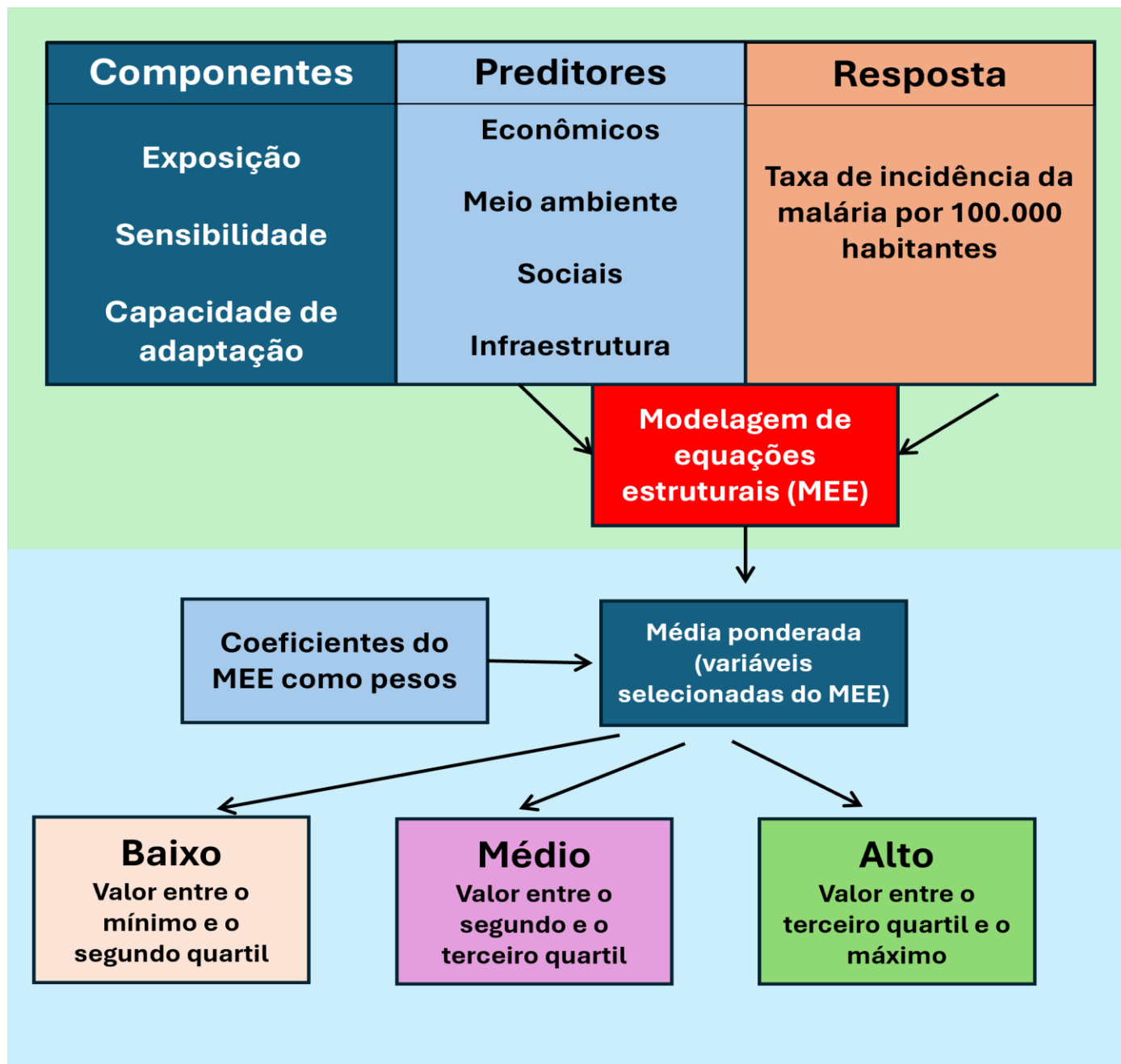
- ❑ La **adaptación** es el ajuste en los sistemas ecológicos o socioeconómicos en respuesta a las exposiciones.
- ❑ Implica ajustes para reducir la vulnerabilidad de **los grupos sociales**



Análisis del riesgo

Modelado de **ecuaciones estructurales** y **análisis de trayectorias** (path analysis), mediante el software R, paquete lavaan e semPlot

Abordagem de avaliação de risco totalmente baseada em parâmetros quantitativos



Artículos ya publicados en esta línea de investigación

- (i) Distribución de la leishmaniasis visceral y relación con la agricultura y la deforestación
- (ii) Distribución espaciotemporal del dengue
- (iii) Análisis de riesgo de dengue mediante inteligencia artificial


scientific reports

[Explore content](#) ▾ [About the journal](#) ▾ [Publish with us](#) ▾

[nature](#) > [scientific reports](#) > [articles](#) > [article](#)

Article | [Open access](#) | Published: 15 September 2024

Spatiotemporal relationship between agriculture, livestock, deforestation, and visceral leishmaniasis in Brazilian legal Amazon

[Ravena dos Santos Hage](#) , [Suzan Viviane Nunes e Silva](#), [Bianca Conrad Bohm](#), [Jackeline Vieira Lima](#), [Nádia Campos Pereira Bruhn](#), [Gabrielito Rauter Menezes](#) & [Fábio Raphael Pascoti Bruhn](#)


scientific reports

[Explore content](#) ▾ [About the journal](#) ▾ [Publish with us](#) ▾

[nature](#) > [scientific reports](#) > [articles](#) > [article](#)


Article | [Open access](#) | Published: 06 January 2025

Spatiotemporal expansion of dengue in Brazilian Amazon between 2001 and 2021

[Ravena dos Santos Hage](#) , [Bianca Conrad Bohm](#), [Caio Perez Casagrande](#), [Suellen Caroline M. Silva](#), [Alessandra Talaska Soares](#), [Jackeline Vieira Lima](#), [Nádia Campos Pereira Bruhn](#) & [Fábio Raphael Pascoti Bruhn](#)

BMC Public Health

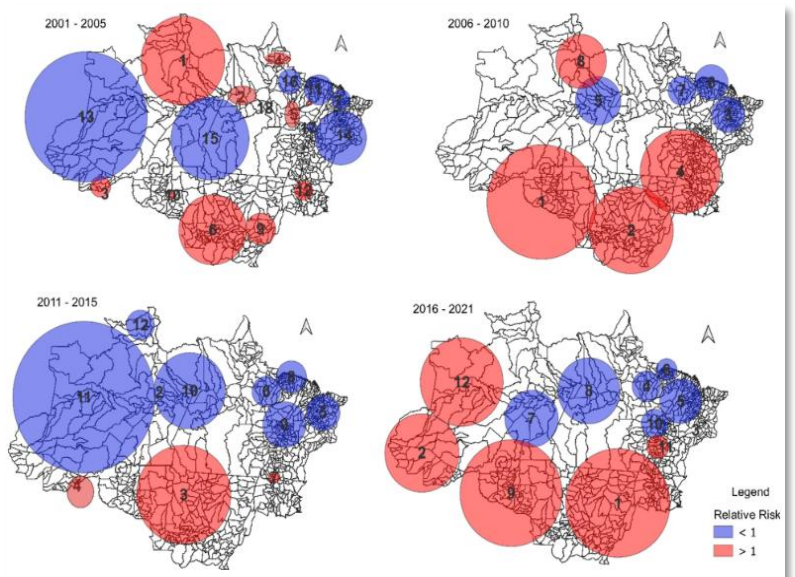
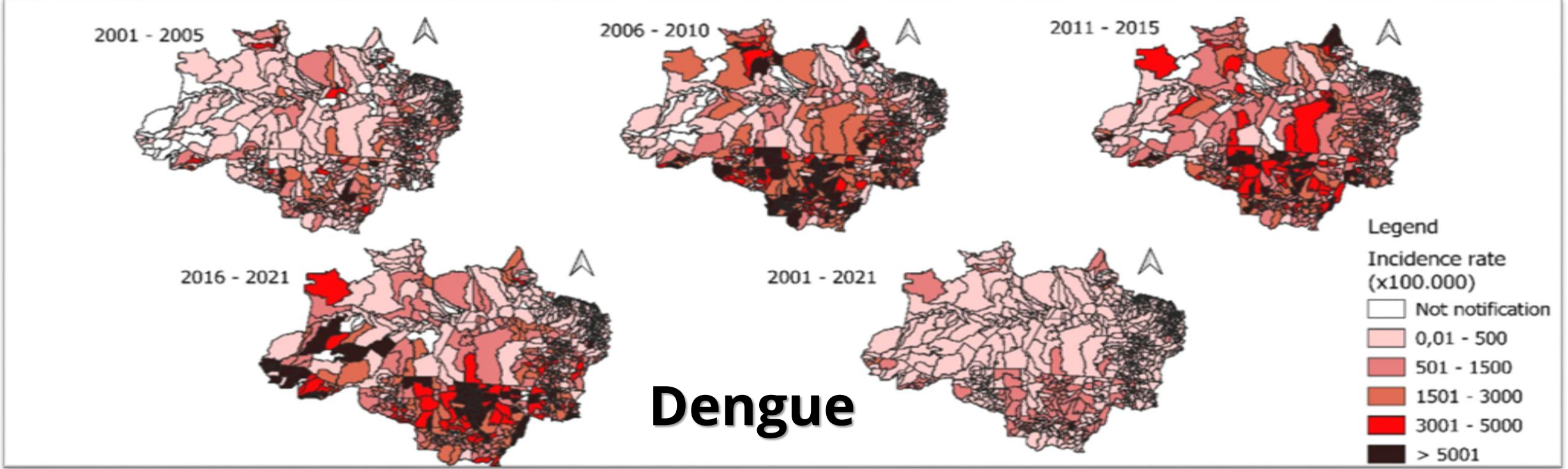
[Home](#) [About](#) [Articles](#) [Submission Guidelines](#) [Collections](#) [Join The Editorial Board](#)

[Submit manuscript](#) 

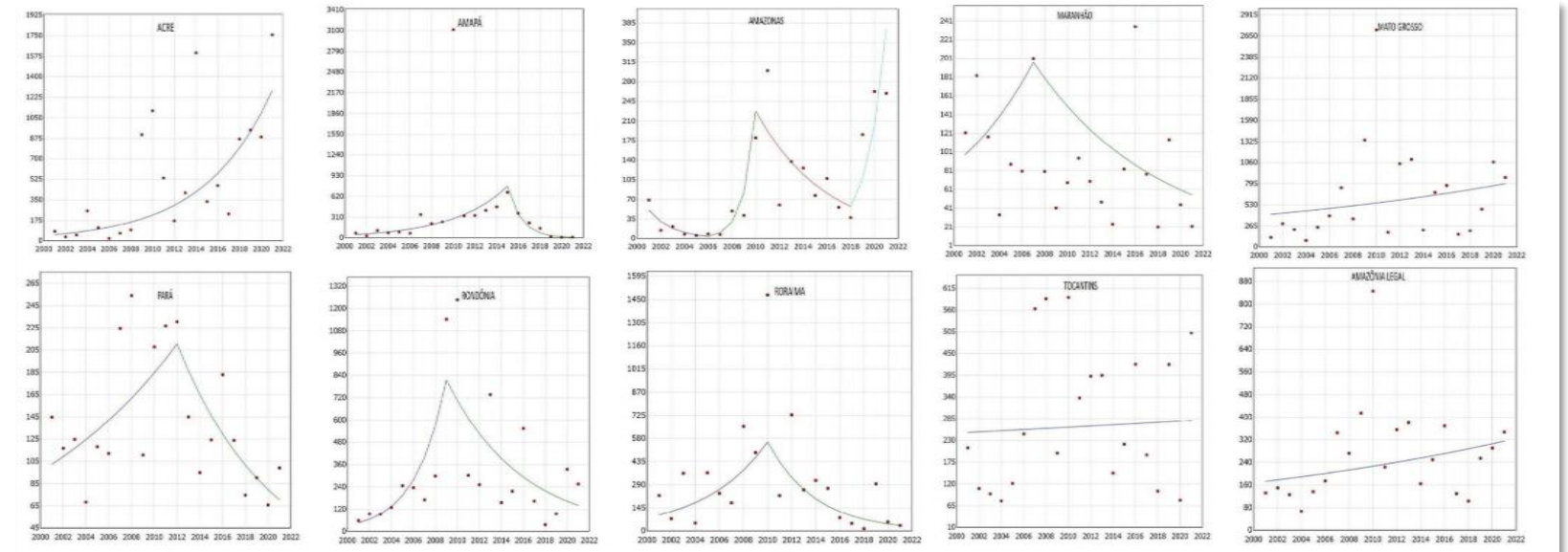
Research | [Open access](#) | Published: 11 June 2024

Utilization of machine learning for dengue case screening

[Bianca Conrad Bohm](#) , [Fernando Elias de Melo Borges](#), [Suellen Caroline Matos Silva](#), [Alessandra Talaska Soares](#), [Danton Diego Ferreira](#), [Vinícius Silva Belo](#), [Julia Somavilla Lignon](#) & [Fábio Raphael Pascoti Bruhn](#)

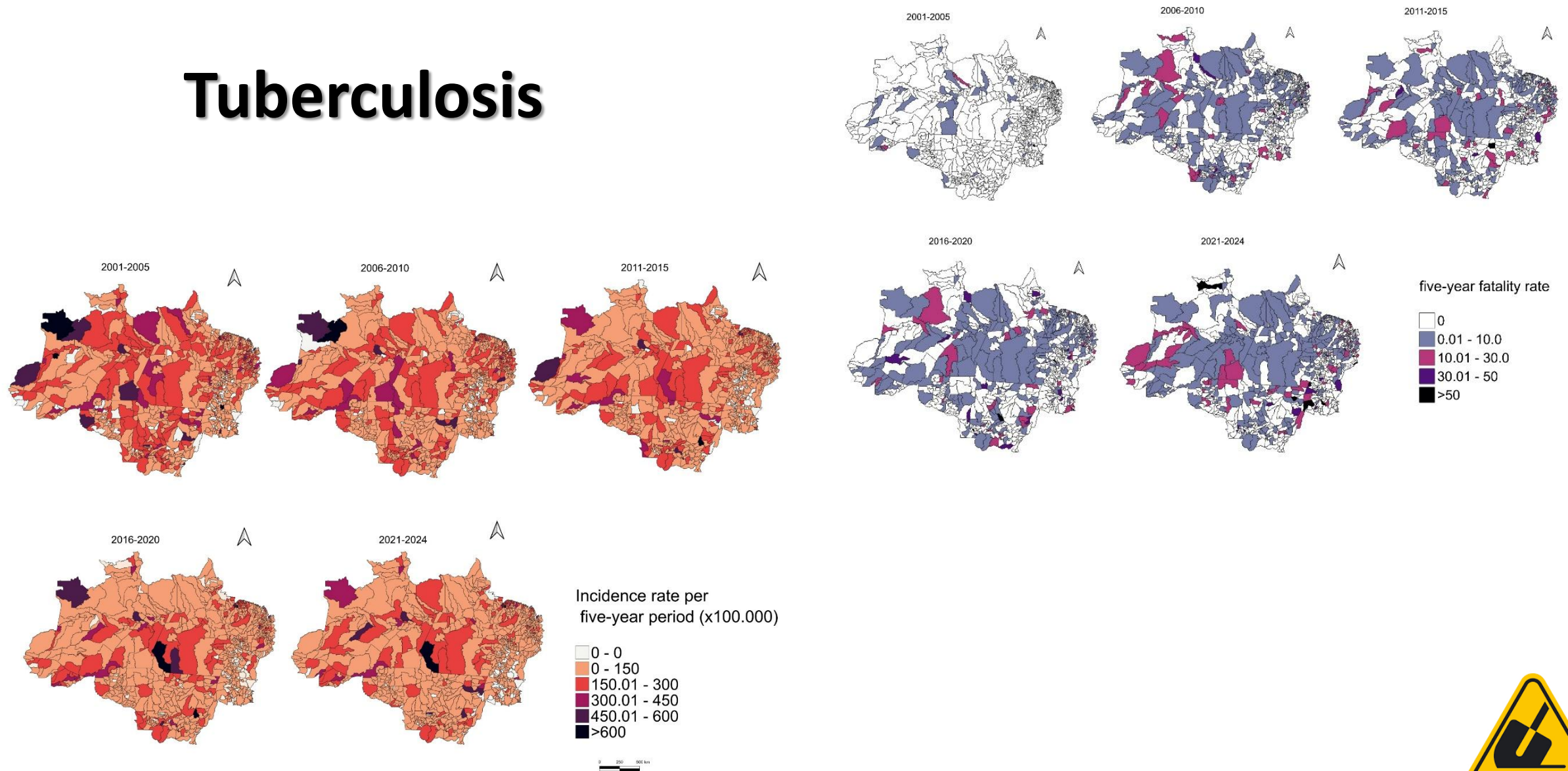


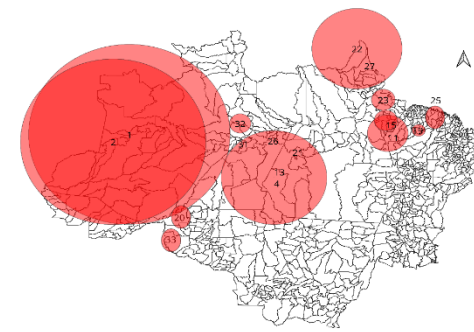
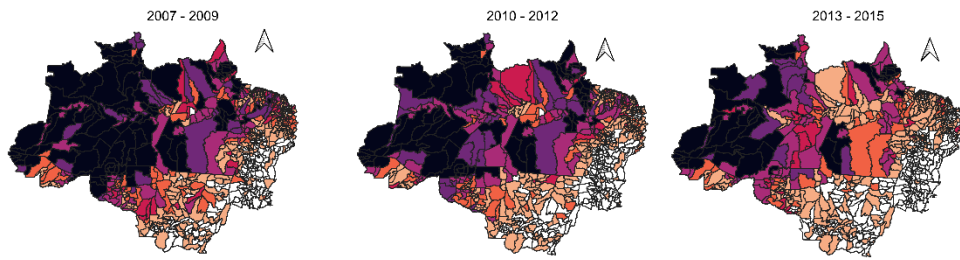
SaTScan Space-time analysis of dengue in the Brazilian Amazon 2001–2021. The blue color represents low-risk clusters (Relative Risk—RR < 1) and the red color represents high-risk clusters (RR > 1) for dengue.



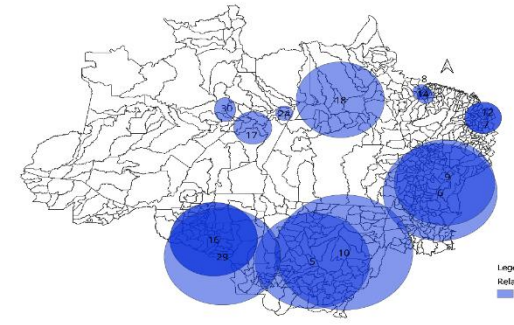
Jointpoint Regression of dengue incidence rates (per 100,000 inhabitants) in the Brazilian Amazon between 2001 and 2021. Y-axis = incidence; X-axis = years.

Tuberculosis

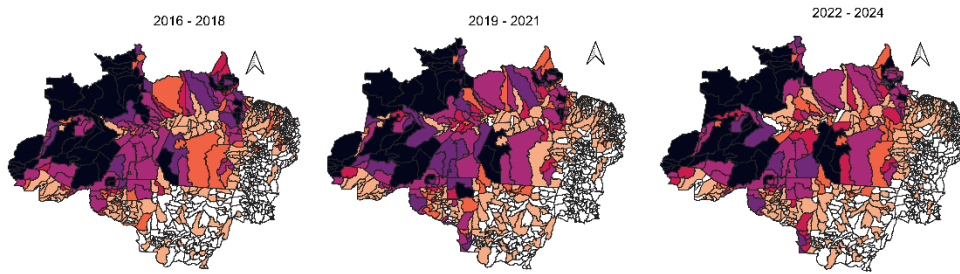




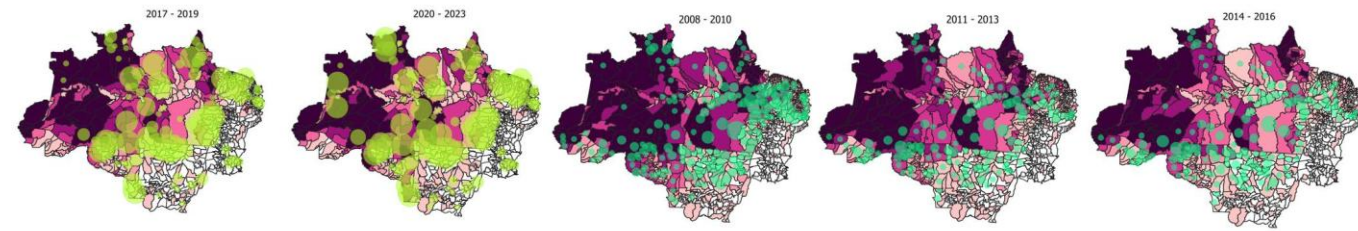
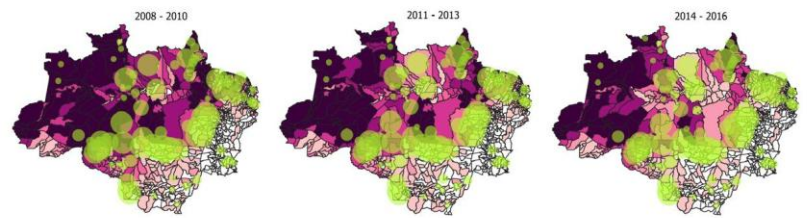
Legend
Relative risk
Red > 1 - High risk



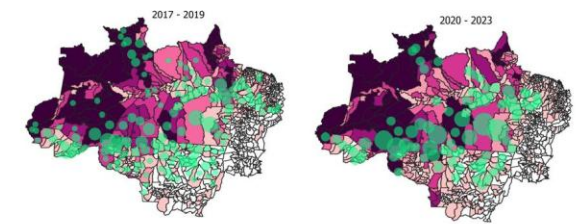
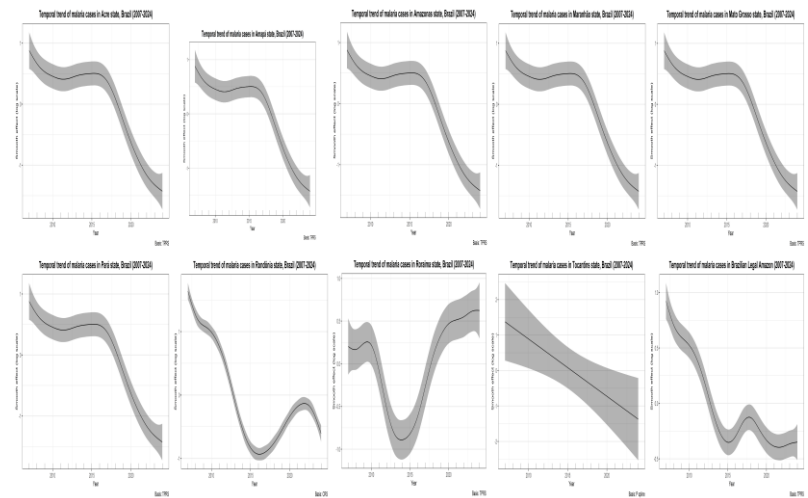
Legend
Relative risk
Blue < 1 - Low risk



0 250500 km



Malária



RESUMEN Y PRÓXIMAS ETAPAS

1

Punto:

•Analizar las interacciones entre **los ecosistemas y la sociedad humana** como sistemas **interconectados**, considerando los **cambios climáticos** y las **actividades económicas** como **riesgos**.

2

Análise estatística e de **risco**, por meio do modelo de **vulnerabilidade** como función da exposição, sensibilidade e capacidade de adaptación e com apoio da **inteligência artificial**.

3

Identificar regiones o grupos sociales vulnerables, por meio de análises quantitativas e qualitativas

- Indígena
- Quilombola
- Ribera tradicional
- Pescador tradicional
- Residentes de la ciudad

4

Proporcionar subsidios para:

•Formulación de políticas sociales y ambientales para la adaptación frente a las amenazas a la salud de la población

Referencias

- Bogoni, J.A., Boron, V., Peres, C.A. *et al.* Amenazas antropogénicas inminentes y priorización de áreas protegidas para jaguares en la Amazonía brasileña. *CommunBiol* **6**, 132 (2023). <https://doi.org/10.1038/s42003-023-04490-1>
- Camilotti, V. L., Pinho, P., Brondízio, E. S., Escada, M. I. S. La importancia de los recursos extractivos forestales para la generación de ingresos y la subsistencia entre caboclos y colonos en la Amazonía brasileña. *Hum. Ecol. Interdiscip. J.* **48**, 17–31, 2020. doi: 10.1007/s10745-020-00127-7
- Codeço, C. T. *et al.* Epidemiología, biodiversidad y trayectorias tecnológicas en la Amazonía brasileña: de la malaria a la COVID-19. *Frontera en Salud Pública*. 13 de julio de 2021; Vol 9, N° 647754. doi: 10.3389/fpubh.2021.647754. PMID: 34327184; PMCID: PMC8314010.
- Hotez, P.J., Aksoy, S., Brindley, P.J., Kamhawi, S. ¿Qué constituye una enfermedad tropical desatendida? *PLoS Neglect Tropical Diseases*, 18(1), 2020. 14: e0008001. 10.1371/revista.pntd.0008001
- Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, IBGE, 2023. Disponible en: < <https://www.ibge.gov.br/>>. Consultado el 18 de mayo de 2023.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), 2001. Resumen técnico: cambio climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Informe del Grupo de Trabajo II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. URL: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/pdf/wg2TARtechsum.pdf.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), 2022. Pörtner, H.-O. *et al.*, 2022: En: Cambio climático 2022: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al sexto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU., págs. 37–118, doi:10.1017/9781009325844.002.
- Jacob, L. L., Prudente, B. S., Montag, L. F. A., Silva, R. R. El efecto de diferentes regímenes de tala en la estructura ecomorfológica de los ensamblajes de peces de arroyo en la Amazonía brasileña. *Hidrobiología*, **848**, 1027–1039, 2021. doi: 10.1007/s10750-020-04508-3
- Lapola, D.M. *et al.* Los impulsores e impactos de la degradación de los bosques amazónicos. *Ciencia*, 27 de enero de 2023, Vol 379, Número 6630, DOI: 10.1126/science.abp8622
- Mapbiomas. Brasil quemó un área equivalente a Colombia y Chile combinados entre 1985 y 2022. (2023). Disponible en: <<https://mapbiomas.org/brasil-queimou-area-equivalente-a-colombia-e-chile-juntos-entre-1985-e-2022#:~:text=Brasil%20queimou%20%C3%A1rea%20equivalente%20a%20Col%C3%B4mbia%20e%20Chile%20juntos%20entre%201985%20e%202022&text=Um%20novo%20mapeamento%20da%20superf%C3%ADcie,%20C8%25%20do%20territ%C3%B3rio%20nacional.>>> Consultado el 22 de mayo de 2023.
- Nobre, C.A., Sampaio, G., Bormac, L.S., Castilla-Rubiod, J.C., Silva, J., Cardoso, M. Riesgos del uso de la tierra y del cambio climático en la Amazonía y la necesidad de un nuevo paradigma de desarrollo sostenible. *PNAS*, 27 de septiembre de 2016, vol. 113, no. 39, 10759–10768. <https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>
- Rorato, A.C., Escada, M.I.E., Camara, G., Picoli, M.C.A., Verstegen, J.A. Evaluación de la vulnerabilidad ambiental de las tierras indígenas de la Amazonía brasileña, *Environmental Science & Policy*, Volumen 129, 2022, páginas 19-36, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.12.005>.
- Rorato, A.C., Dal'Asta, A.P., Lana, R.M. *et al.* Trajetorias: un conjunto de datos de indicadores ambientales, epidemiológicos y económicos para la Amazonía brasileña. *Datos científicos*, **10**, 65 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41597-023-01962-1>
- Vanham, D. *et al.* Familia de la huella ambiental para abordar la sostenibilidad local y planetaria y cumplir con los ODS. *693*, 133642 (2019). doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133642; PMID: 31635013

¡Gracias!
Obrigado!

Fábio Raphael Pascoti Bruhn

fabio_rpb@yahoo.com.br

