

Rethinking Soil Fertility

Towards a unified framework for tropical forest soil science

Jane Lucas, Michelle Wong, Gabriela de Paula Souza Zuquim, Claire Fortunel, Moses Libalah, David F. Burslem, Laura Toro, Marijn Bauters, Mareli Sanchez-Julia, Katrin Fleischer, Mark S. Ashton, Demétrius Lira Martins, Jose A. Medina-Vega, Eric Slessarev, Guopeng Liang, Nohemi Huana-Nunez, Nirjhar Kabery, Pengyan Sun, Sarah A. Batterman, Evan M. Gora, Jim Dalling

Importance and Uniqueness of Tropical Soils

- Store an estimated 30-40% of global terrestrial C
- Biodiversity hotspots for microbes, invertebrates, roots, etc.
- Highly weathered and often low in nutrients—yet remarkably productive
- *Plant biomass does not consistently vary with fertility. Why is this the case?*



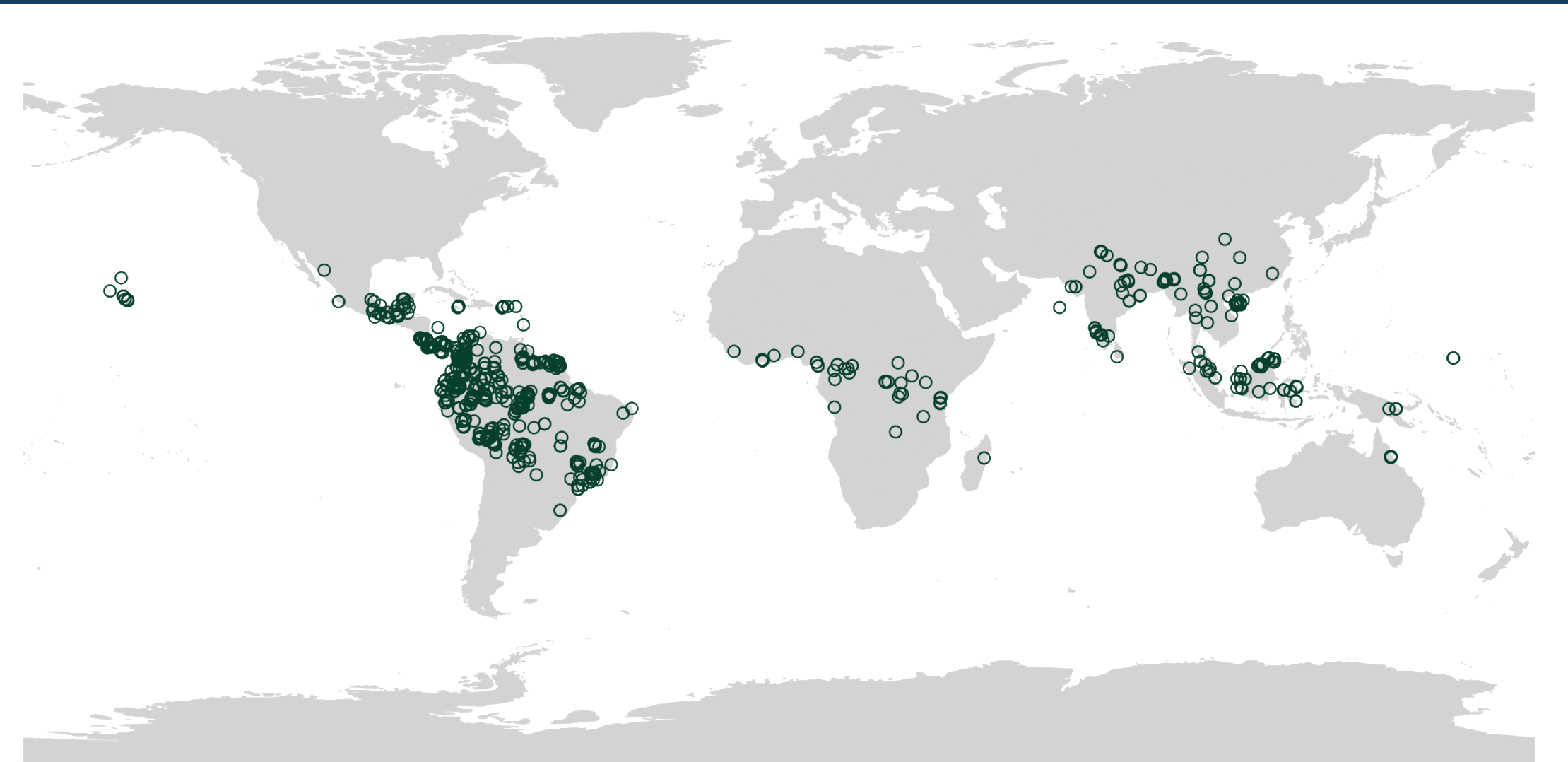
Temperate & Agricultural Perspectives: Help or Hindrance?

HELPFUL	HINDERING
• Standardized soil tests • Nutrient budget models • Conceptual frameworks for N & P • Long-term monitoring networks • Fertilization experiments	• Overemphasis on crop yield as proxy • Focus on short-term nutrient cycles • Neglect of soil biology and plant strategies • Underrepresentation of weathering, mineralogy

What is soil fertility?

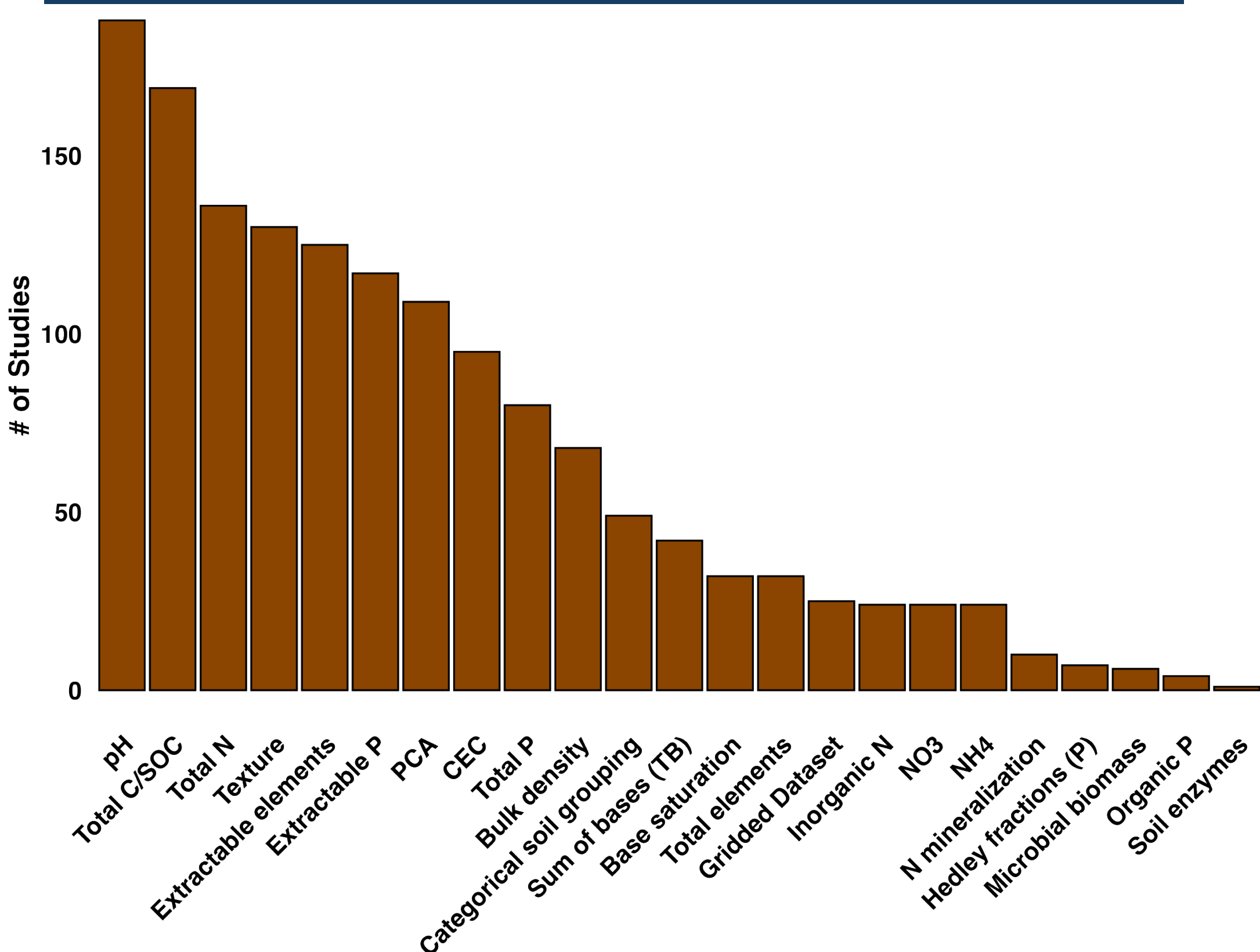
Soil fertility is a nonspecific concept derived from simplified agricultural and temperate systems

Analyzed 280+ studies on relationships between tropical forests and soil fertility...

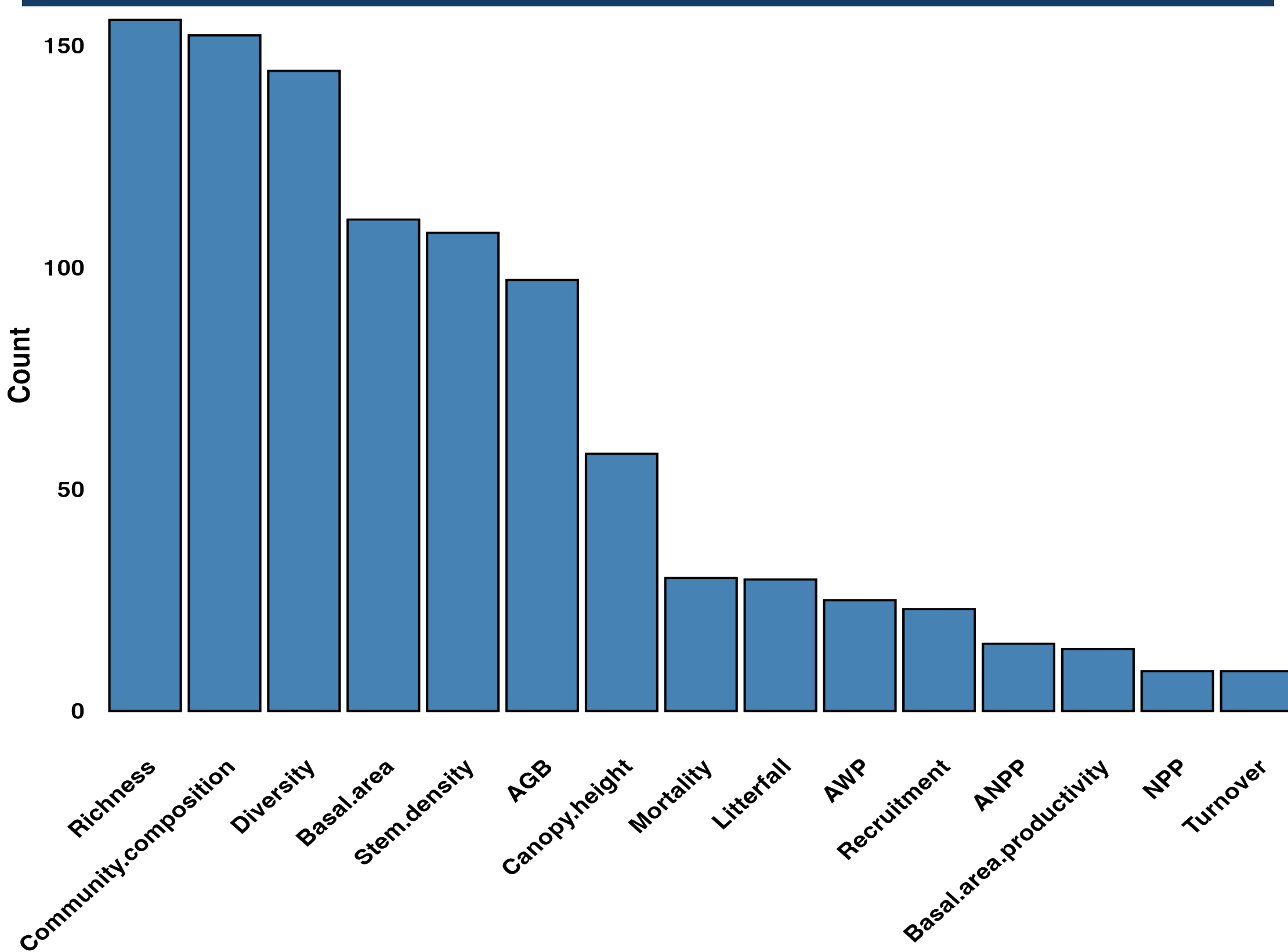


... to understand what we measure and how we define soil fertility in the tropics

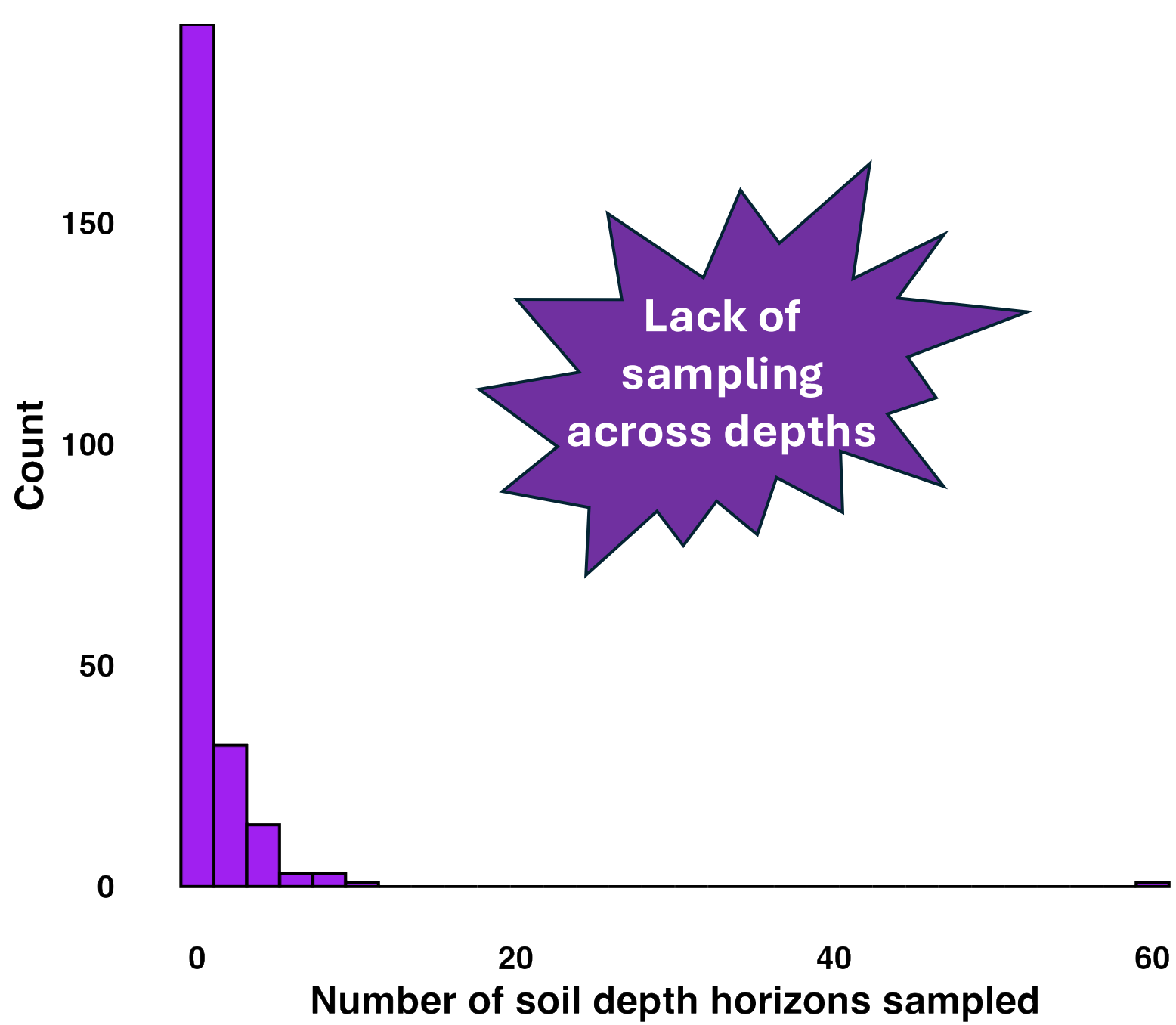
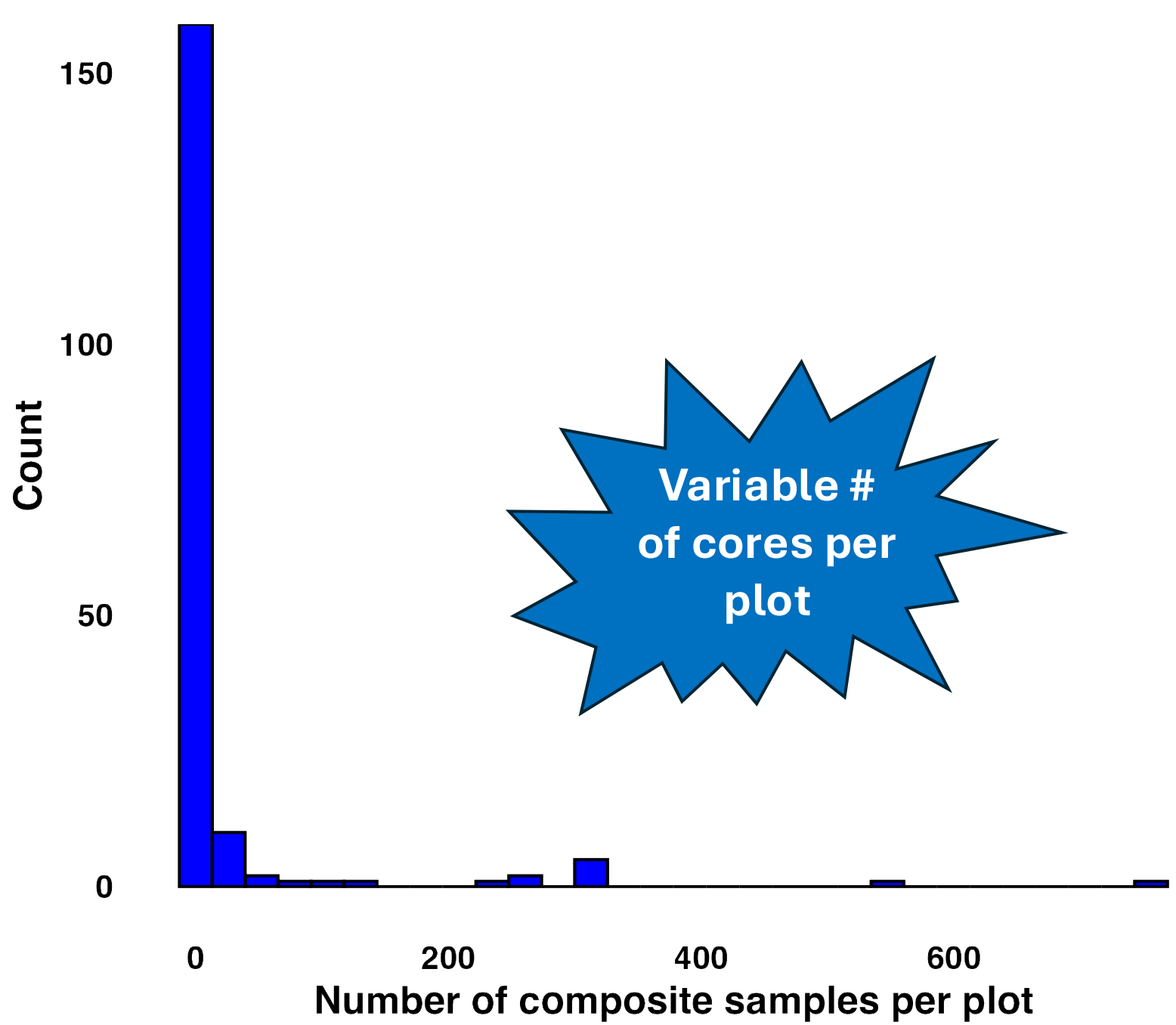
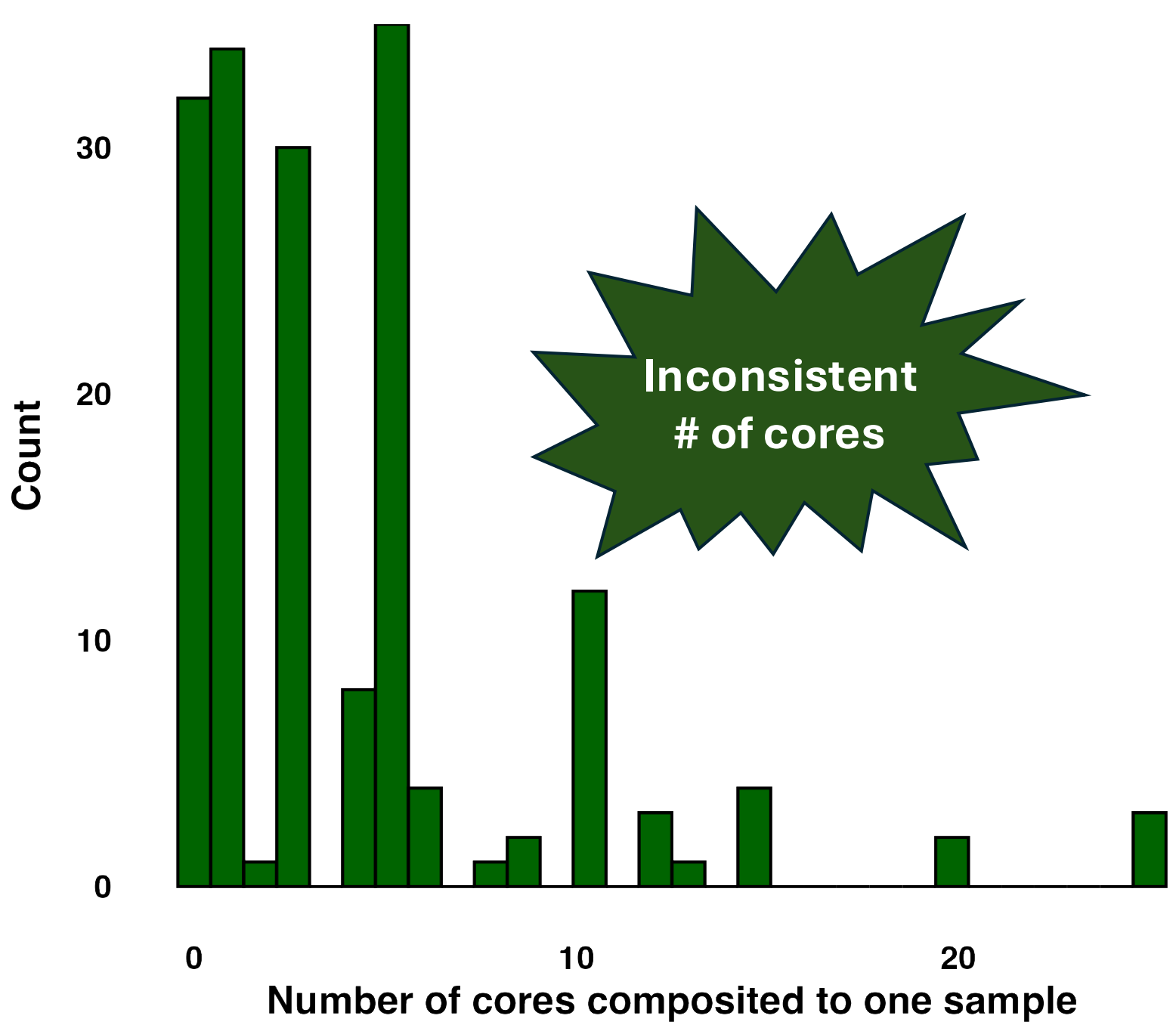
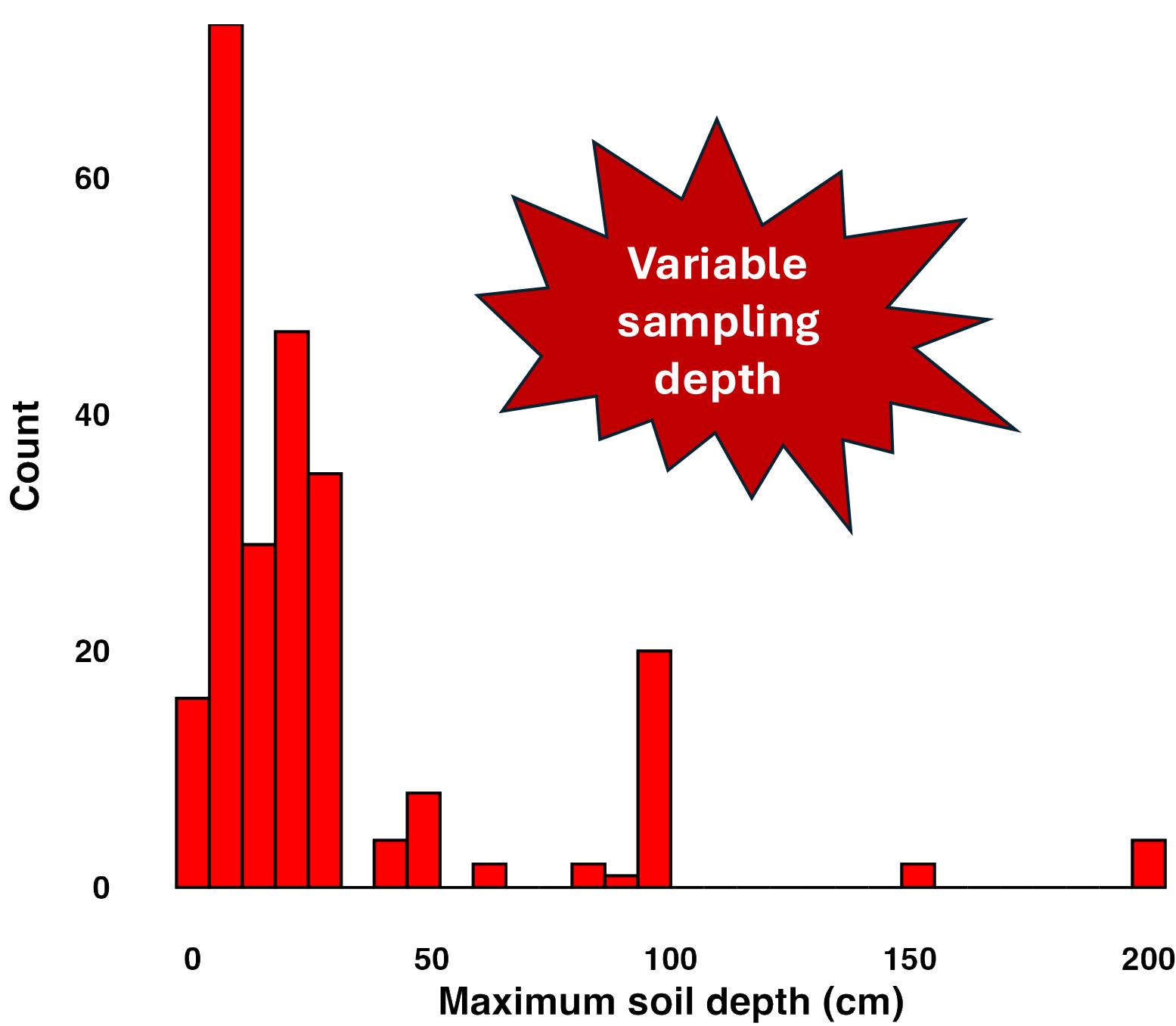
There are many definitions of soil fertility



We study many aboveground – soil fertility relationships



We lack standardized soil fertility measurements and sampling approaches



Recommendations for a Unified Framework for Soil Fertility

Philosophy	Principles	Properties	
<u>We need to treat soil fertility like climate</u> A collection of interacting variables that generate feedbacks, not a one-factor spectrum where “more = better”	• Prioritize functional fertility beyond chemical measures • Harmonize soil protocols globally • Treat temperate paradigms as hypotheses, not universal truths • Build tropical-specific models	• Collect at least 3 pooled cores per site or plot • Sample at consistent 10 cm increments • Archive both air-dried and frozen samples (ideally –80 °C)	
		Core Metrics	Encouraged
		- pH, Total C & N, Available P (Bray/Resin) - Texture, Bulk density, Weathering index	- Microbial biomass C/N - Enzyme activity - Mycorrhizal colonization

Take-Home Message

A unified framework for soil fertility that accounts for tropical-specific mineralogy, microbial function, plant communities and functions, and historical land use will improve our ability to link soil properties to forest structure, composition, and biogeochemical cycling.

Reconsiderando la fertilidad del suelo: Hacia un marco unificado para la ciencia del suelo en los bosques tropicales

Jane Lucas, Michelle Wong, Gabriela de Paula Souza Zuquim, Claire Fortunel, Moses Libalah, David F. Burslem, Laura Toro, Marijn Bauters, Mareli Sanchez-Julia, Katrin Fleischer, Mark S. Ashton, Demétrius Lira Martins, Jose A. Medina-Vega, Eric Slessarev, Guopeng Liang, Nohemi Huana-Nunez, Nirjhar Kabery, Pengyan Sun, Sarah A. Batterman, Evan M. Gora, Jim Dalling

Importancia y singularidad de los suelos tropicales

- Almacenan aproximadamente el 30–40 % del carbono terrestre global
- Son hotspots de biodiversidad para microbios, invertebrados, raíces, etc.
- Son altamente meteorizados y a menudo bajos en nutrientes, pero notablemente productivos
- La biomasa vegetal no varía consistentemente con la fertilidad. ¿Por qué ocurre esto?



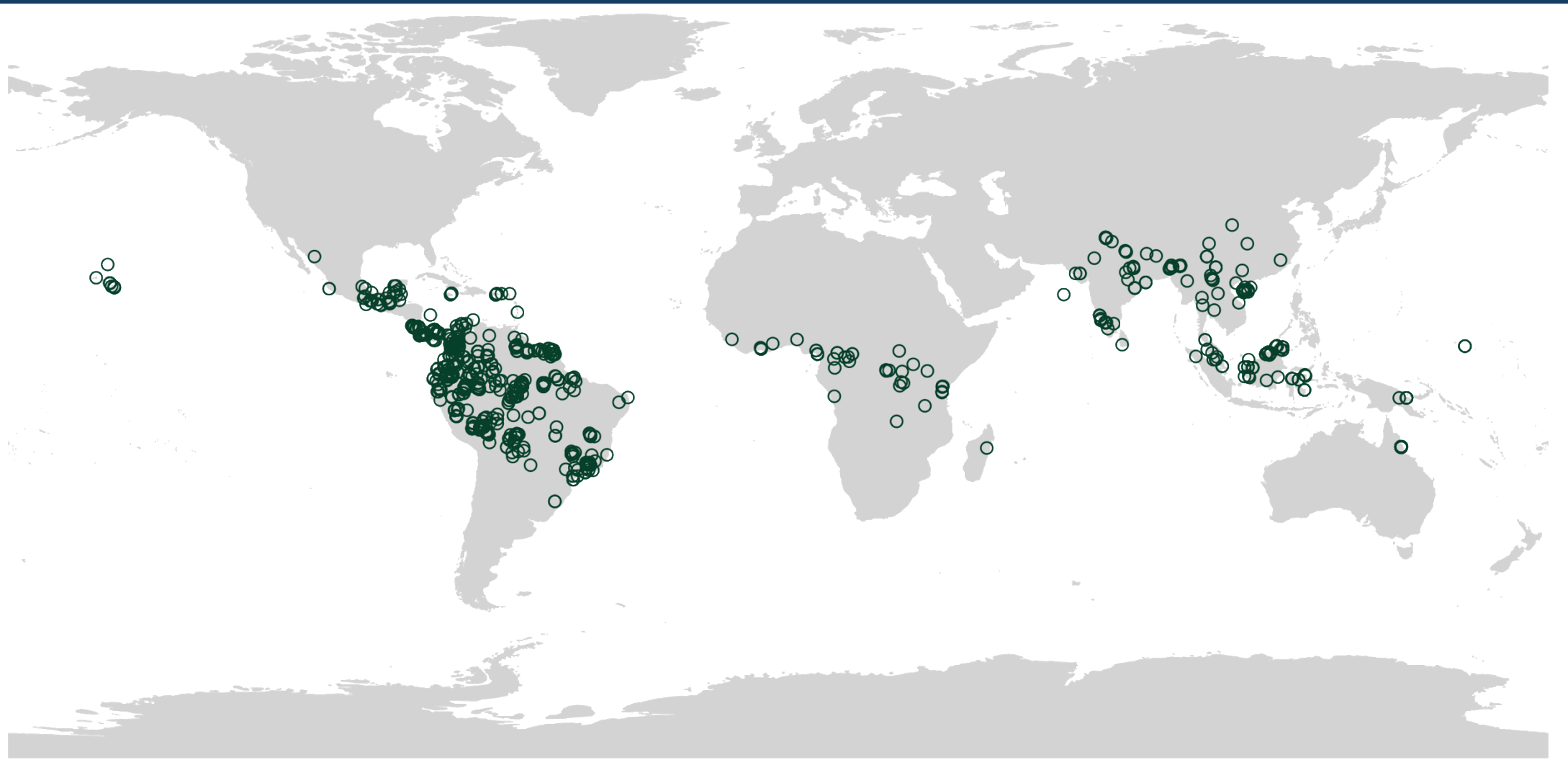
Perspectivas templadas y agrícolas: ¿ayuda o impedimento?

Útil	Limitante
• Pruebas de suelo estandarizadas • Modelos de presupuesto de nutrientes • Marcos conceptuales para N y P • Redes de monitoreo a largo plazo • Experimentos de fertilización	• Énfasis excesivo en el rendimiento de cultivos como indicador • Enfoque en los ciclos de nutrientes a corto plazo • Negligencia de la biología del suelo y las estrategias de las plantas • Baja representación de la meteorización y la mineralogía

¿Qué es la fertilidad del suelo?

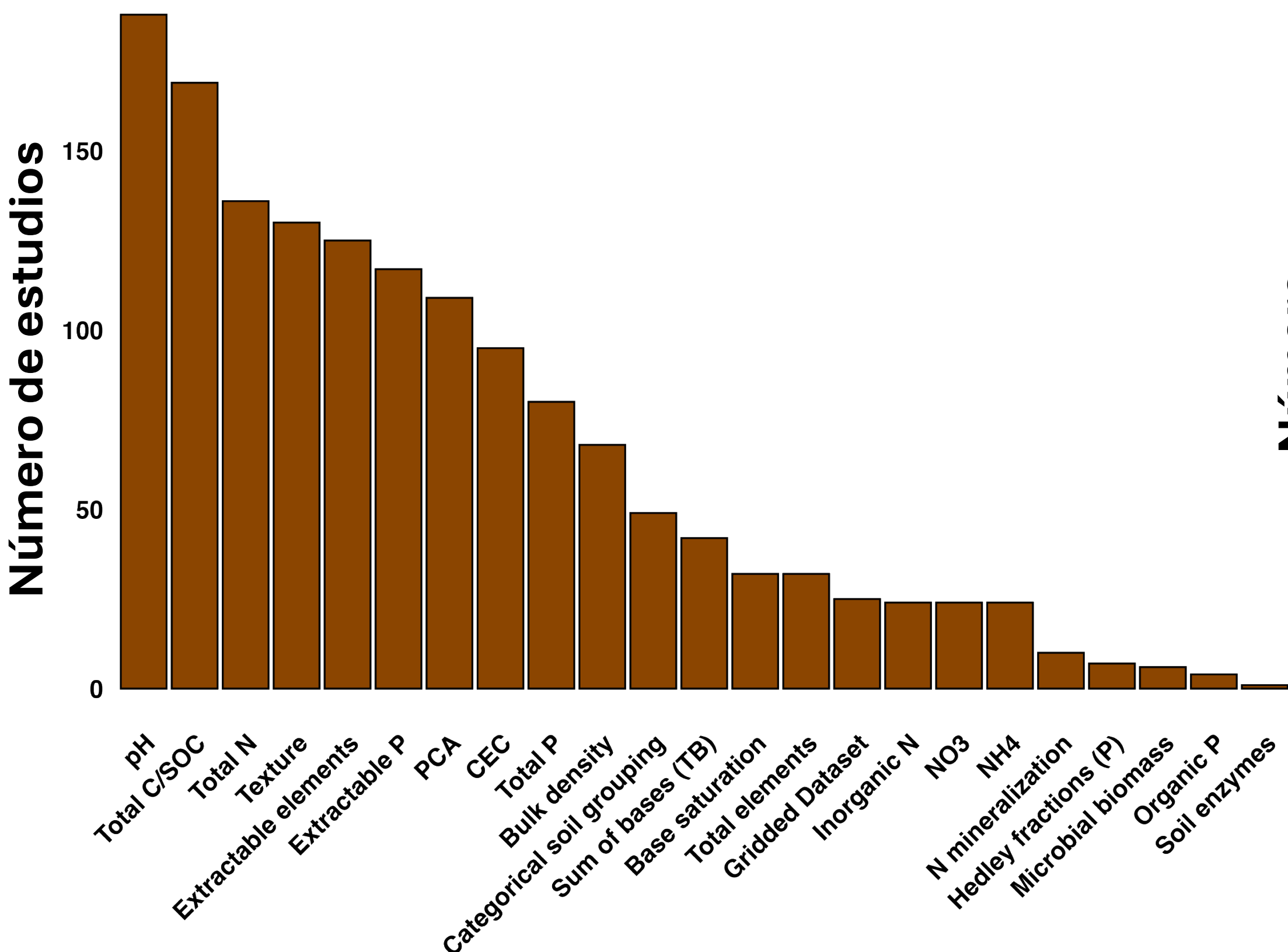
La fertilidad del suelo es un concepto inespecífico derivado de sistemas agrícolas y simplificadas.

Analizamos más de 280 estudios sobre las relaciones entre los bosques tropicales y la fertilidad del suelo...

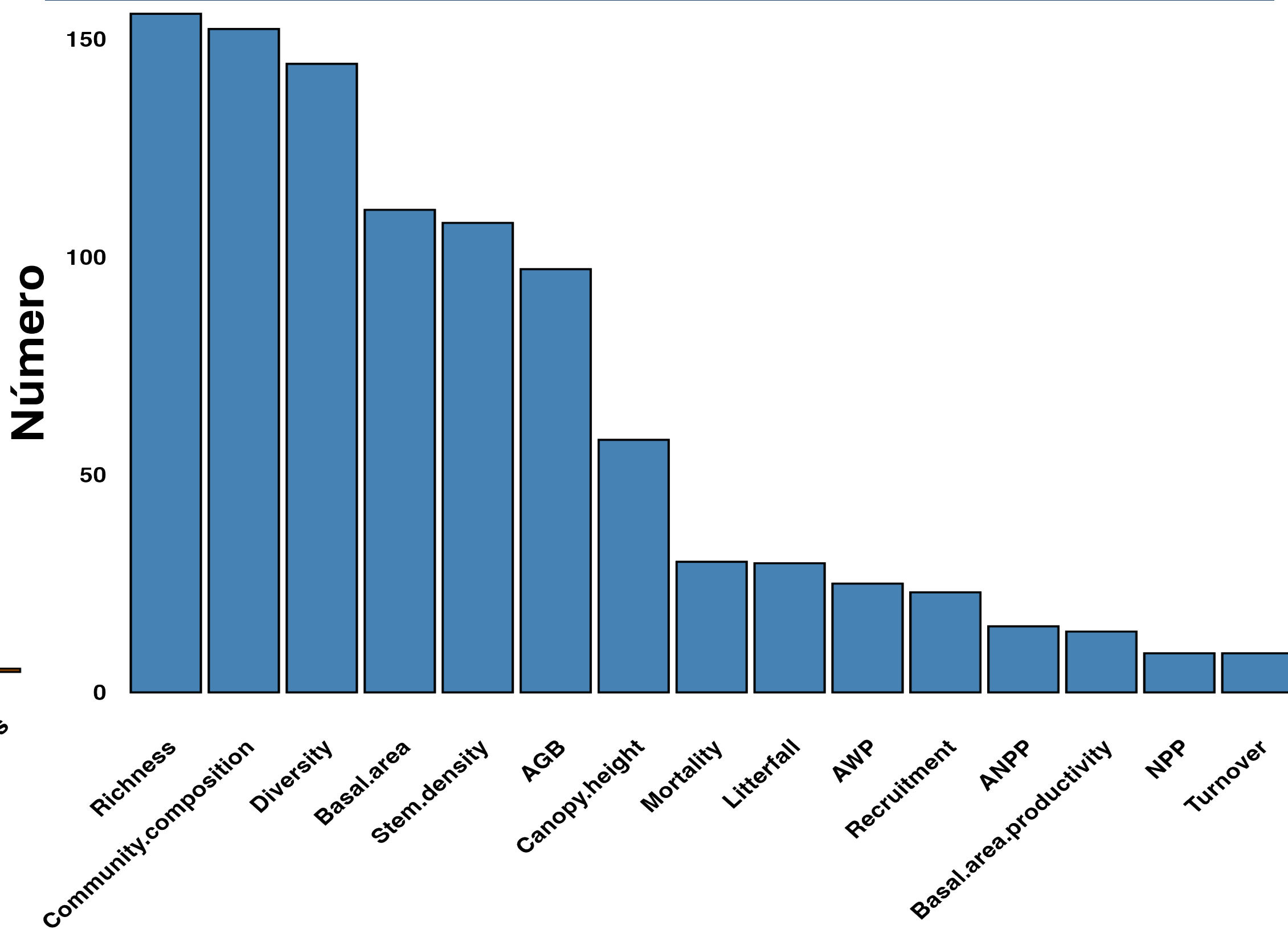


... para entender qué medimos y cómo definimos la fertilidad del suelo en los trópicos.

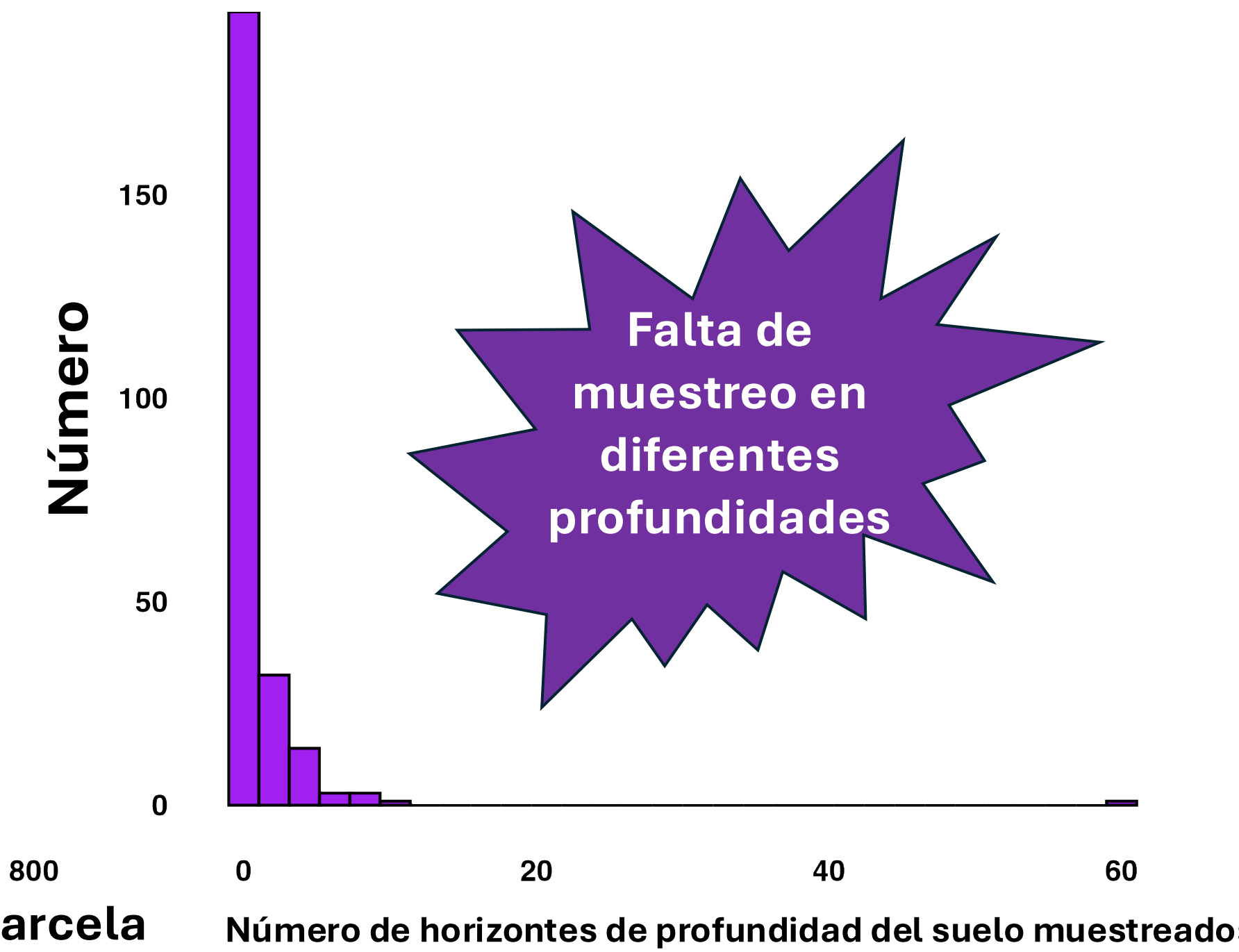
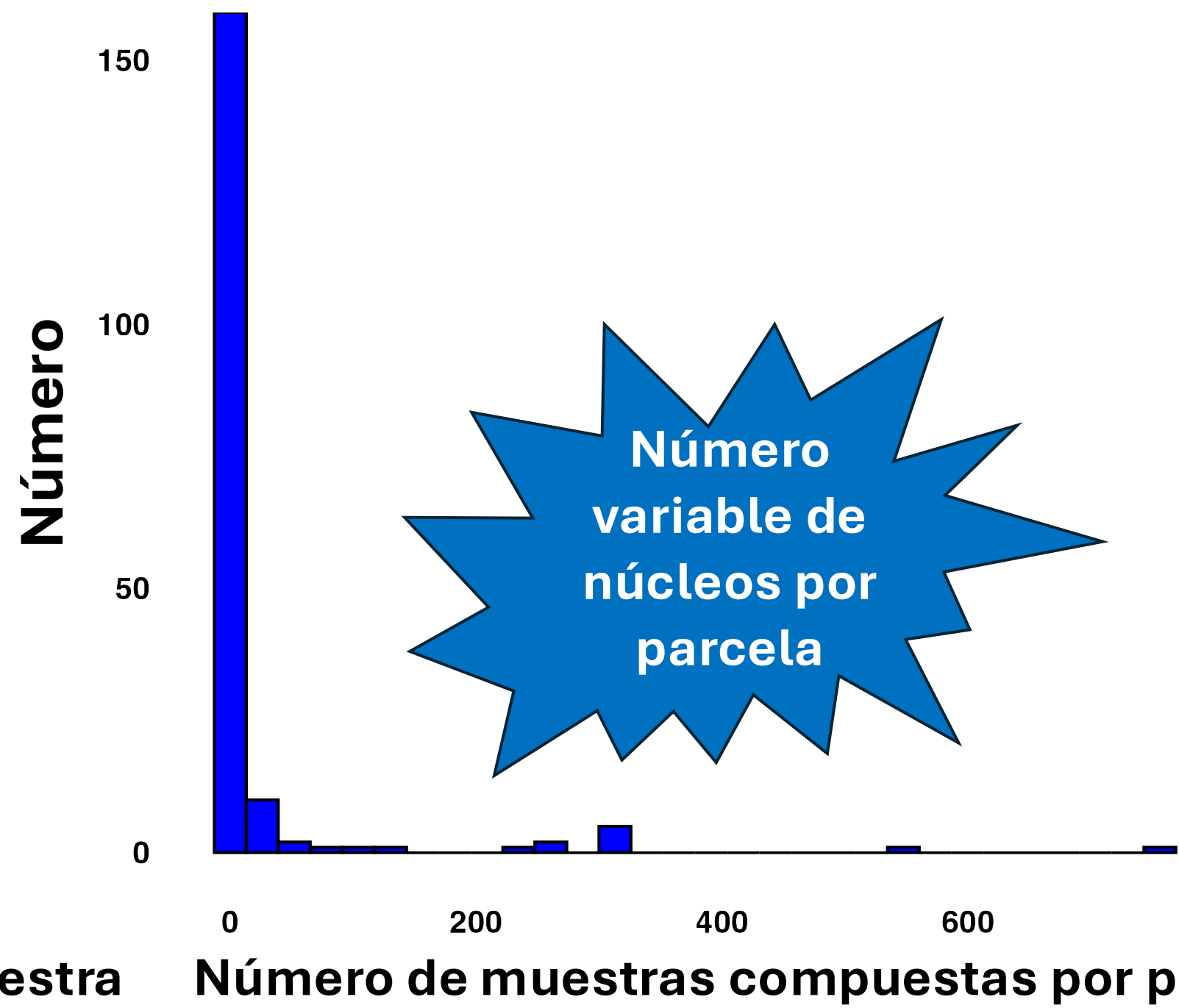
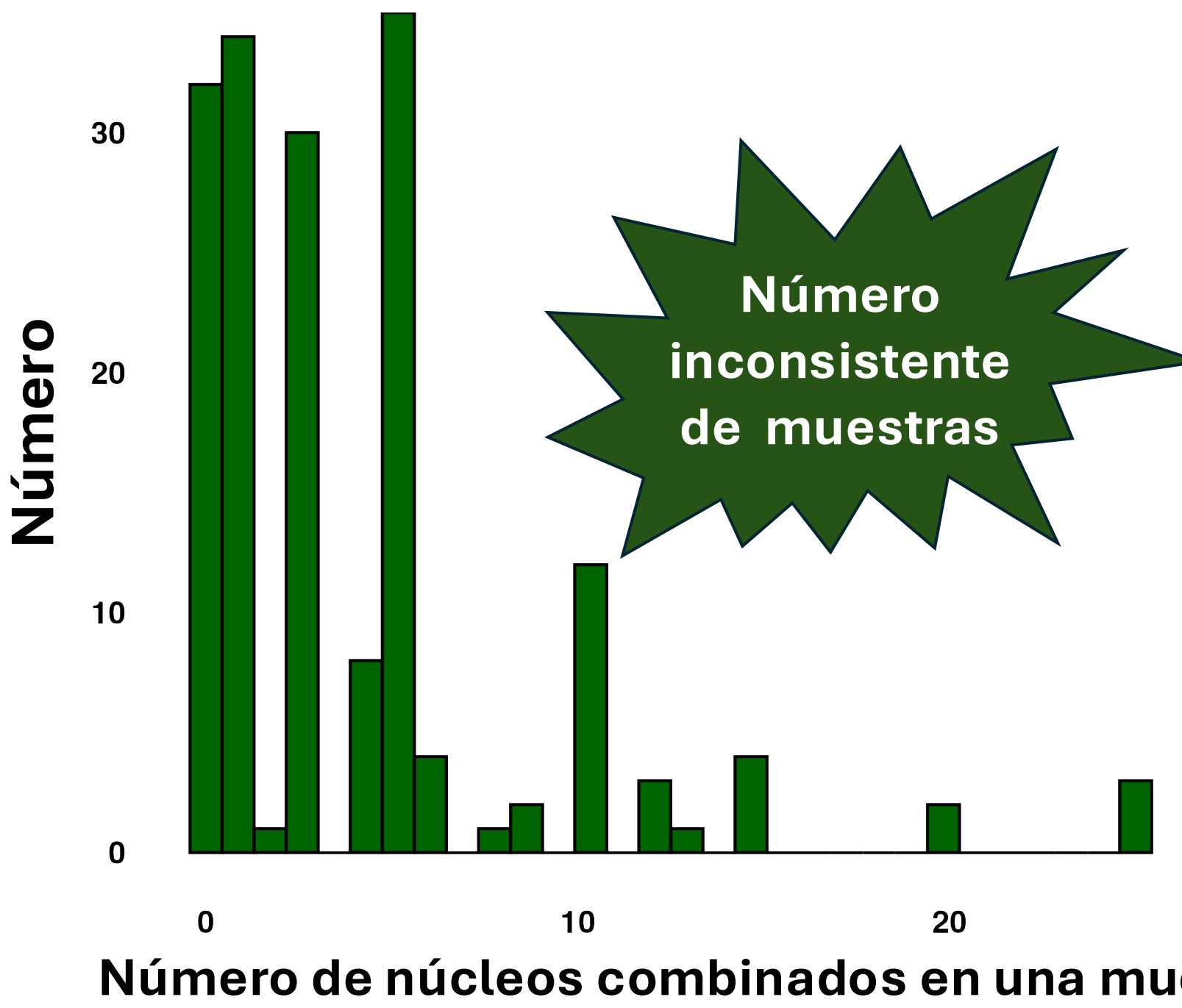
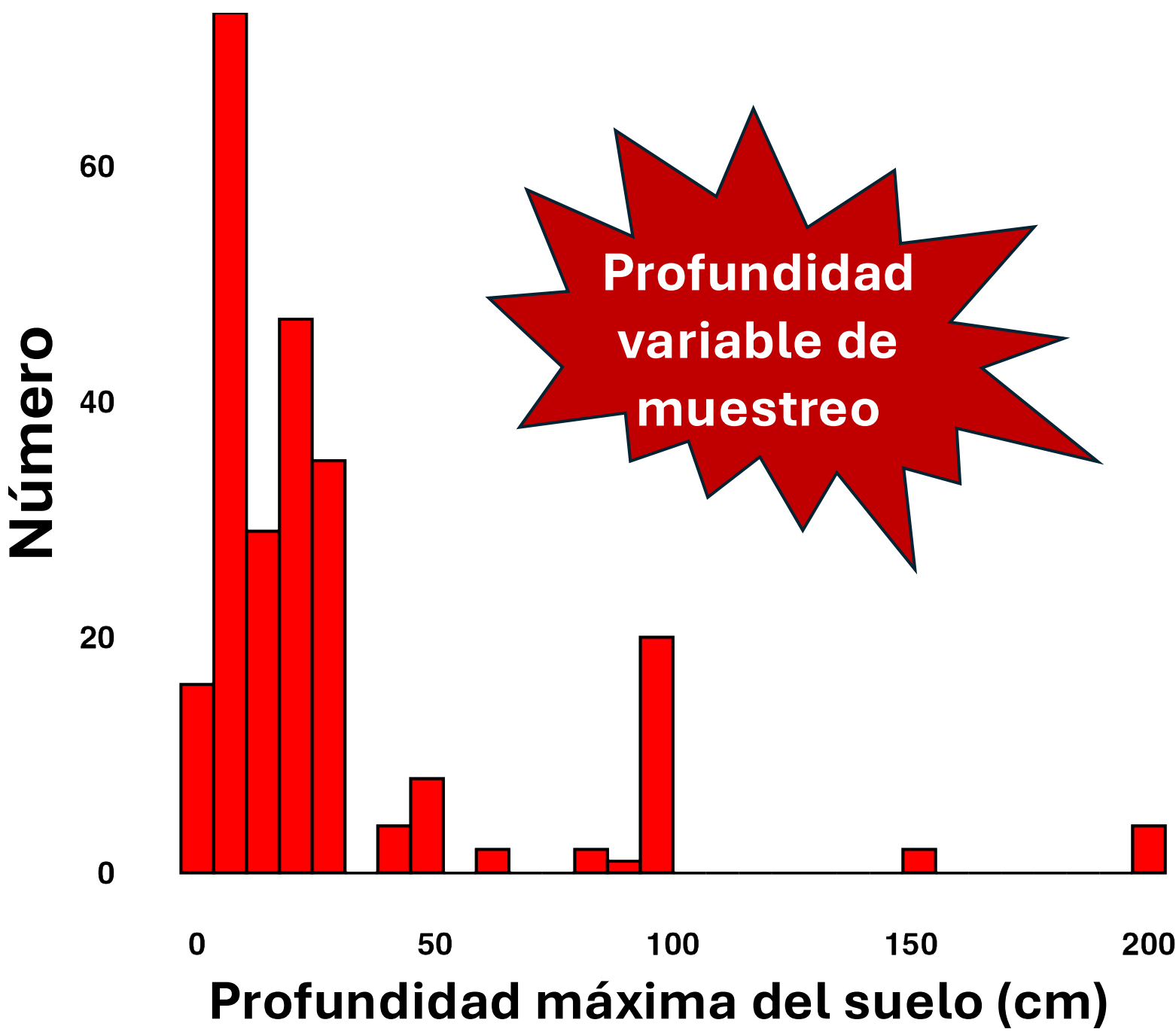
Hay muchas definiciones de fertilidad del suelo



Estudiamos muchas relaciones entre la parte aérea y la fertilidad del suelo



No contamos con métodos y mediciones estandarizadas para evaluar la fertilidad del suelo



Recomendaciones para un marco unificado de fertilidad del suelo

Filosofía	Principios	Propiedades	
<u>Necesitamos tratar la fertilidad del suelo como el clima:</u> un conjunto de variables que interactúan y generan retroalimentaciones, no un espectro de un solo factor donde ‘más = mejor’	• Priorizar la fertilidad funcional más allá de las mediciones químicas • Armonizar los protocolos de suelo a nivel global • Tratar los paradigmas de los climas templados como hipótesis, no como verdades universales • Desarrollar modelos específicos para los trópicos	• Recolectar al menos 3 núcleos combinados por sitio o parcela • Muestrear en incrementos consistentes de 10 cm • Conservar muestras tanto secas al aire como congeladas (idealmente a -80 °C)	
		Métricas básicas	Recomendadas
		• pH, Carbono total y Nitrógeno total, Fósforo disponible (Bray/Resina) • Textura, Densidad aparente, Índice de meteorización	• Biomasa microbiana de C/N • Actividad enzimática • Colonización micorrízica

Mensaje principal

Un marco unificado para la fertilidad del suelo que considere la mineralogía específica de los trópicos, la función microbiana, las comunidades y funciones vegetales, y el uso histórico del suelo mejorará nuestra capacidad para vincular las propiedades del suelo con la estructura, composición y los ciclos biogeoquímicos del bosque.