

Seminario Internacional Pre-REDPEVA

**Integración y Sostenibilidad como Pilares Claves para el Enfrentamiento
de los Accidentes por Animales Venenosos en América Latina y el Caribe**

São Paulo, Brasil | 20 de agosto de 2025

**Escenarios actuales y futuros
del ofidismo: una mirada desde
la ecología de distribuciones**

Dr. Carlos Alberto Yáñez Arenas

Profesor (Universidad Nacional Autónoma de México)

Estructura de la charla

- **Escenario actual de los accidentes por serpientes**
- **Modelos correlativos de distribución de especies y nicho ecológico**
- **Predicción de la densidad poblacional**
- **Integración de procesos y mecanismos**
- **Escenario futuro de los accidentes por serpientes**
- **Conclusiones**

Estructura de la charla

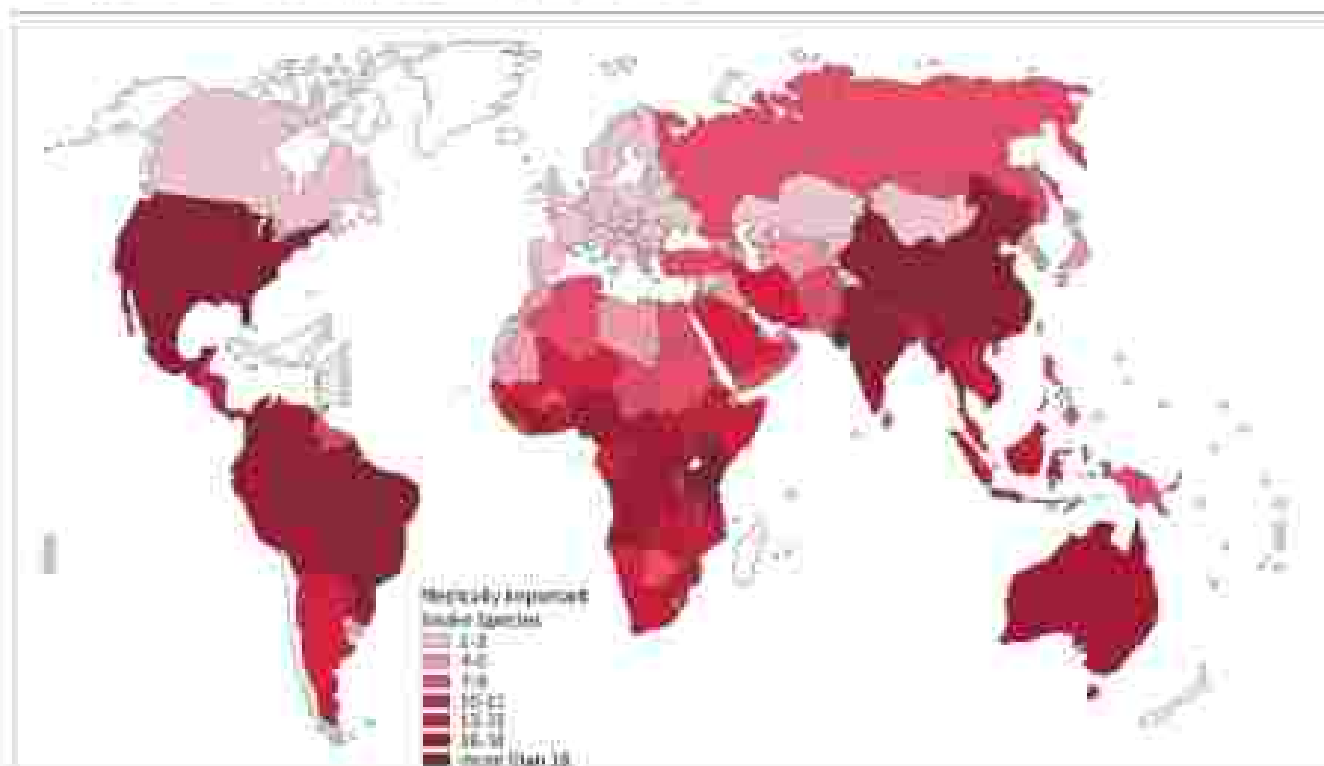
- **Escenario actual de los accidentes por serpientes**
- **Modelos correlativos de distribución de especies y nicho ecológico**
- **Predicción de la densidad poblacional**
- **Integración de procesos y mecanismos**
- **Escenario futuro de los accidentes por serpientes**
- **Conclusiones**

El problema global en cifras

Carga mundial (2019-2024):

-  **63,400 muertes** anuales por mordeduras (IC 95%: 38,900–78,600)
-  **4.5–5.4 millones** de mordeduras anuales
-  **1.8–2.7 millones** de envenenamientos
-  **400,000 discapacidades** permanentes anuales

Tendencia:  **36% reducción en mortalidad desde 1990**



The authors are most indebted to the management of the company for making the authors' study financially possible and to the staff of the Community Government of the Madrid area (Spain), especially the staff of the works of the 4th district of maintaining the urbanisation, for their participation during the study. The authors also thank the staff of the Madrid Urban Planning Department for their assistance in the field work.

[illegible]

América Latina y el Caribe - Epicentro regional

Concentración regional:

- ♀ ~90% de casos en países tropicales en desarrollo
- 🌐 América Latina: ~70,000-75,000 casos anuales
- 📍 652-3,466 muertes anuales en las Américas

Países más afectados:

- BR **Brasil**: 26,000-29,000 casos/año (letalidad 0.42%)
- MX **México**: ~10,400 casos/década (2010-2022) = ~800 casos/año
- VE **Venezuela**: ~7,000 casos/año
- CO **Colombia**: ~5,000 casos/año (letalidad 0.6-1.0%)
- PA **Panamá**: ~2,000 casos/año (mayor en Centroamérica)

América Latina y el Caribe

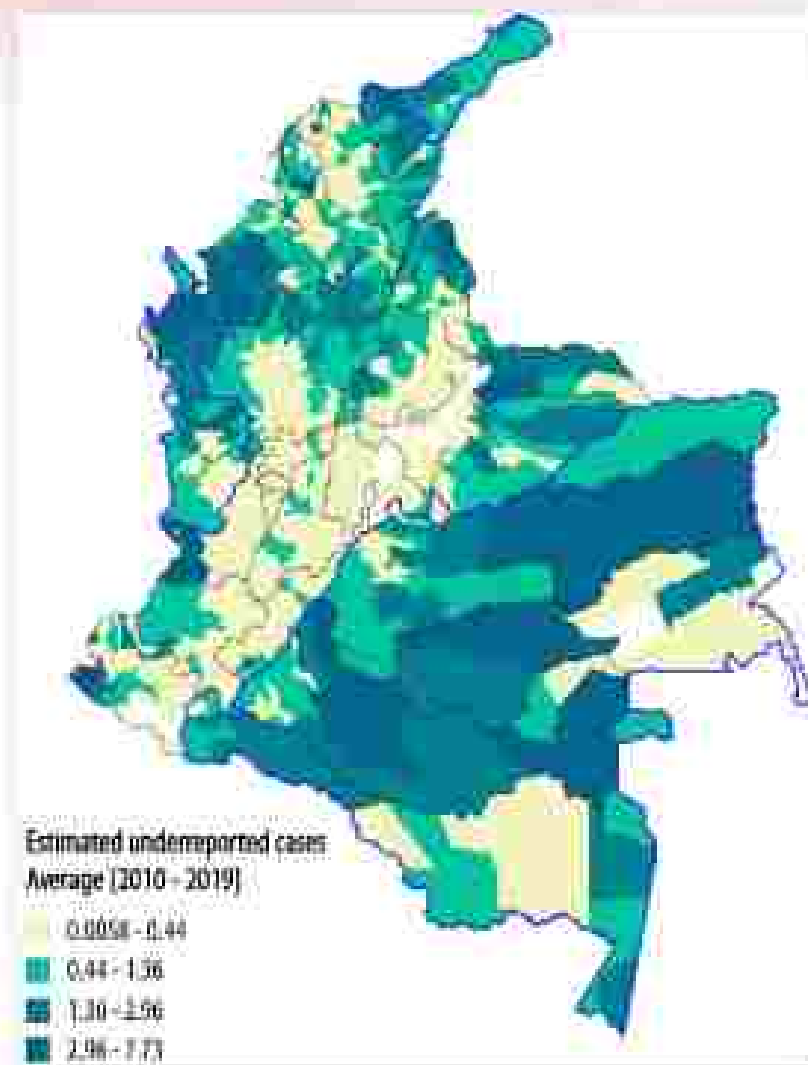


Fuente: Datos epidemiológicos regionales compilados
Elaborado por Dr. Carlos Yañez-Arancibia, UTAH

Desafíos

Principales desafíos:

- 📊 Subregistro epidemiológico (hasta 70% en áreas rurales)
- 🏠 Acceso limitado a antivenenos
- 🚚 Cadena de frío inadecuada para distribución
- 💰 Falta de inversión en investigación y control
- 🧪 Antivenenos específicos insuficientes por región



Bravo-Vega et al., (2023)

Oportunidades

Oportunidades emergentes:

-  Sistemas de vigilancia digital
-  Cooperación regional (REDPEVA)
-  Enfoques integrados salud pública-ecología
-  Tecnologías de modelación geográfica (e.g., SDM/ENM)



Estructura de la charla

- Escenario actual de los accidentes por serpientes
- Modelos correlativos de distribución de especies y nicho ecológico
- Predicción de la densidad poblacional
- Integración de procesos y mecanismos
- Escenario futuro de los accidentes por serpientes
- Conclusiones

"Mundo ideal vs. realidad práctica"

✳ Mundo ideal

- Datos de densidad poblacional detallados
- Encuestas epidemiológicas completas
- Muestreos intensivos multi-anales
- Recursos y tiempo ilimitados



⚡ Realidad práctica

- Subregistro (áreas rurales)
- Presupuestos limitados
- Especies crípticas, hábitats inaccesibles
- Urgencia en toma de decisiones de salud pública



Crotalus tzabcan
(Foto: Carlos Yañez)

La solución:

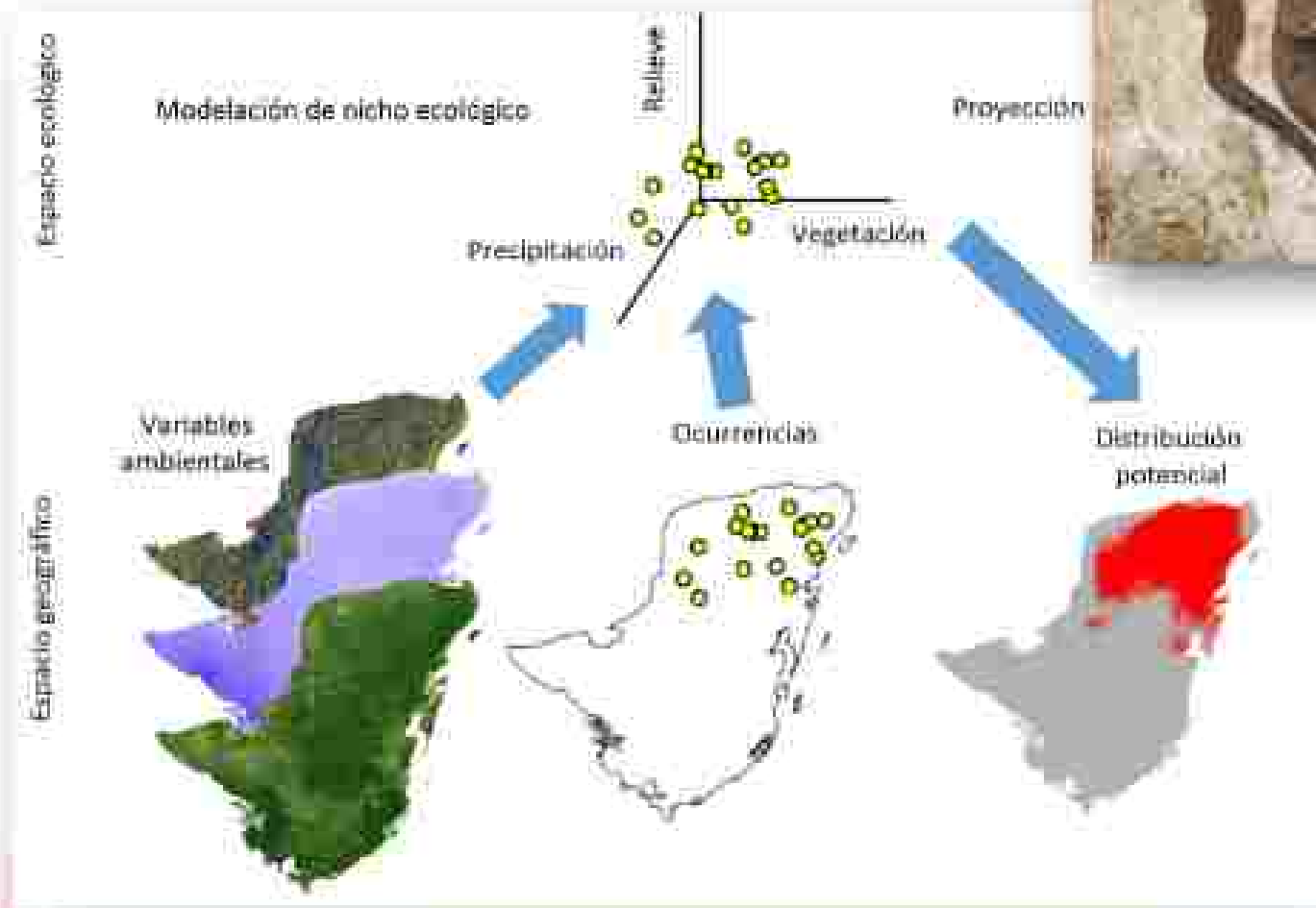
Modelación correlativa:

- Modelos de distribución de especies (SDM)
- Modelos de nicho ecológico (ENM)

🔑 Los modelos correlativos como solución práctica

Ventajas clave:

- ✓ Semanas vs. años
- ✓ Bajo costo
- ✓ Cobertura espacial amplia
- ✓ Datos ya disponibles



Porthidium yucatanicum
(Foto: Javiersnake)

Objetivos

SDM - Species Distribution Modelling

¿Cuál es el área que ocupa una especie?

- Estimar distribuciones geográficas actuales
- Describir patrones de biodiversidad
- Evaluar reglas macroecológicas

ENM - Ecological Niche Modelling

¿Cuál es el área con condiciones adecuadas para que una especie pueda sobrevivir?

- Caracterizar requerimientos ambientales
- Analizar respuesta ante variables del clima
- Proyectar nichos en tiempo y espacio

 Para el riesgo ofídico:

SDM: ¿Dónde están las serpientes venenosas?

ENM: ¿Dónde podrían estar bajo diferentes condiciones?

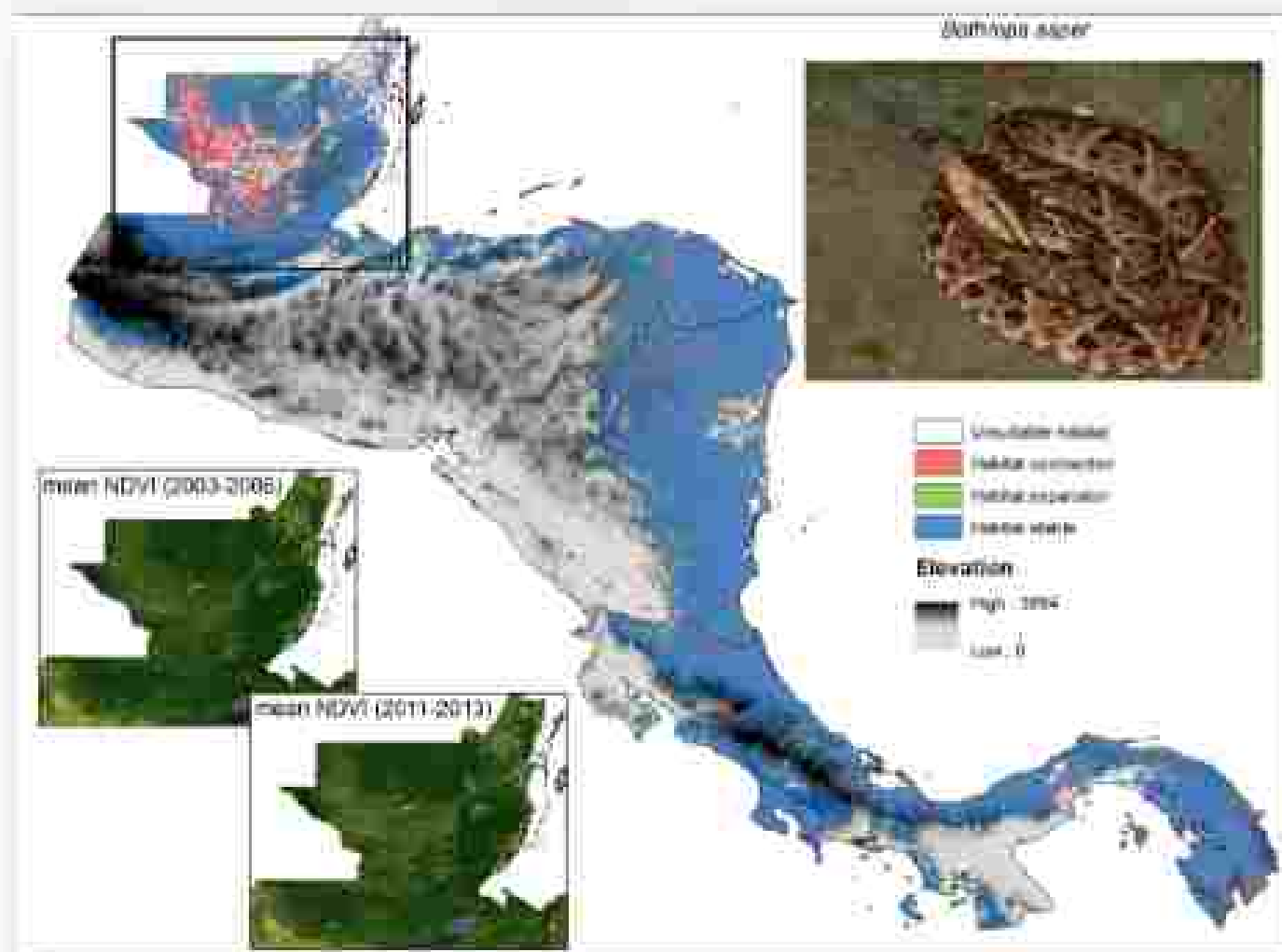
📍 *Bothrops asper* ("Terciopelo" o "Nauyaca")

- Especie responsable de la mayoría de accidentes en Centroamérica
- Análisis de cambios de hábitat (2001-2013)

📊 Resultados del modelado:

🎯 Utilidad para el riesgo:

- Identificación de nuevas áreas de peligro
- Priorización de monitoreo epidemiológico
- Planificación de distribución de antivenenos



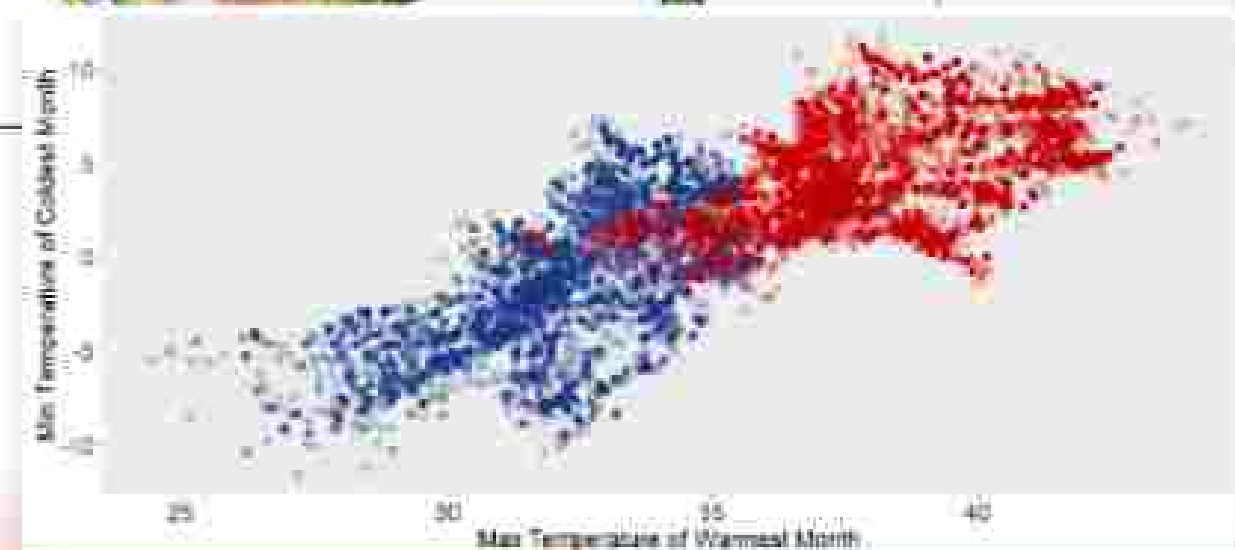
📍 *Agkistrodon contortrix* ("mocasín cabeza de cobre")

📍 Análisis del espacio climático ocupado

- **Presente (azul):** Condiciones climáticas actuales
- **Futuro 2081-2100 (rojo):** Escenario pesimista ssp585

📍 Relevancia para salud pública:

- Predicción de nuevas áreas de riesgo
- Planificación de recursos médicos a largo plazo



Estructura de la charla

- Escenario actual de los accidentes por serpientes
- Modelos correlativos de distribución de especies y nicho ecológico
- Predicción de la densidad poblacional
- Integración de procesos y mecanismos
- Escenario futuro de los accidentes por serpientes
- Conclusiones



Distribución



Bothrops asper

Foto: Brian Gratwicke

Riesgo

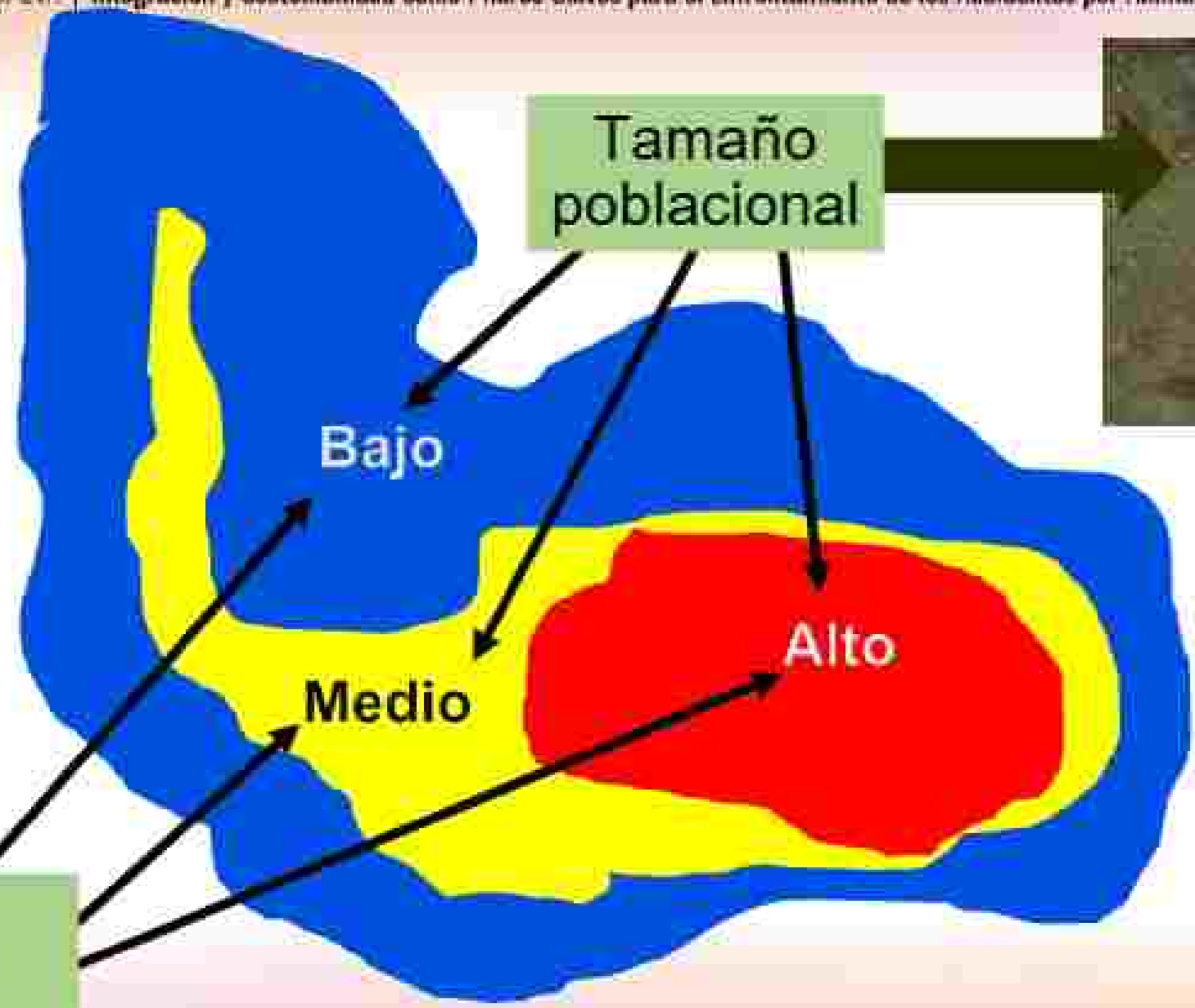
OPS



PANATLISA
Unión Panamericana de Instituciones
Académicas y de Investigación



Un enfoque integrador para mejorar el manejo del
envenenamiento por serpientes en Latinoamérica



Bothrops asper
Foto: Brian Gratwicke

Riesgo

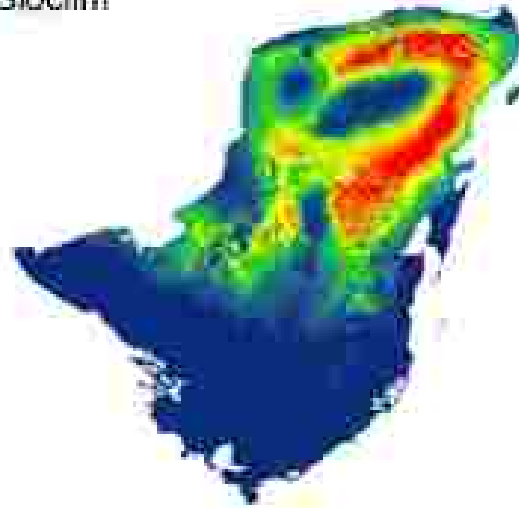
Tamaño poblacional

Bajo

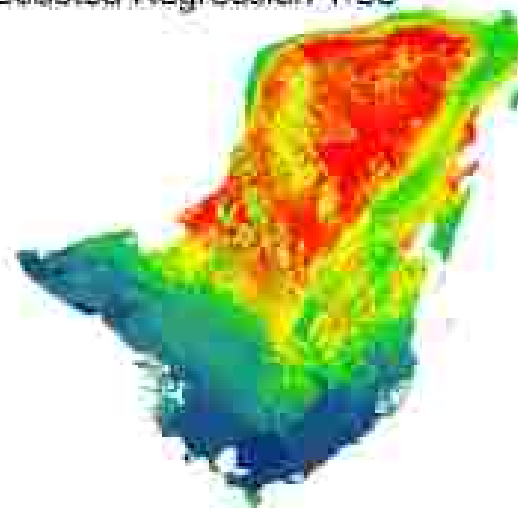
Medio

Alto

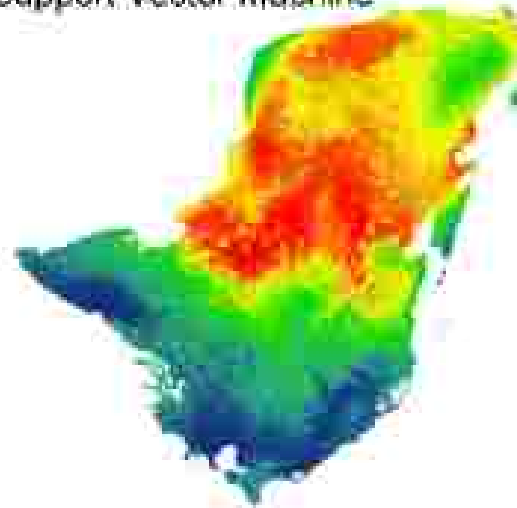
Bioclim



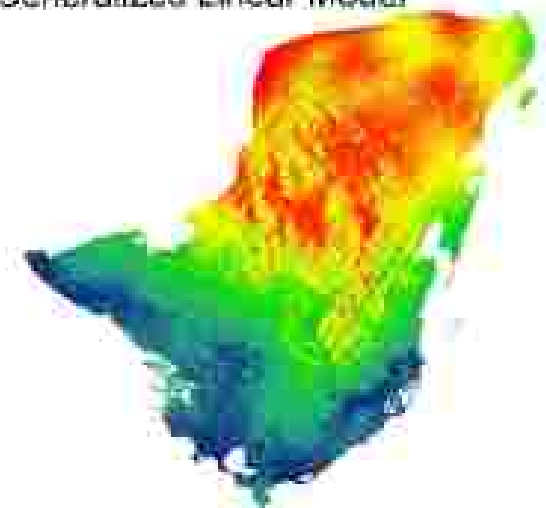
Boosted Regression Tree



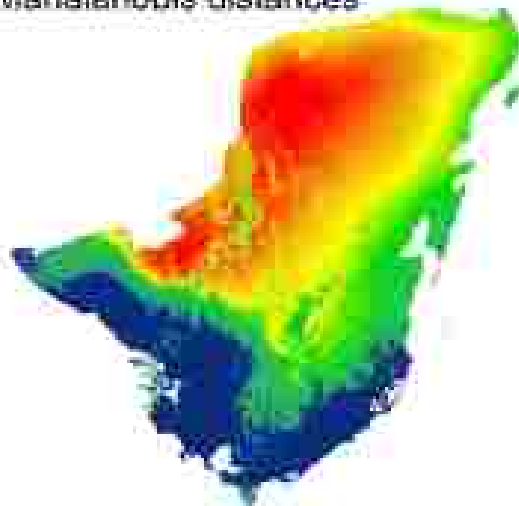
Support Vector Machine



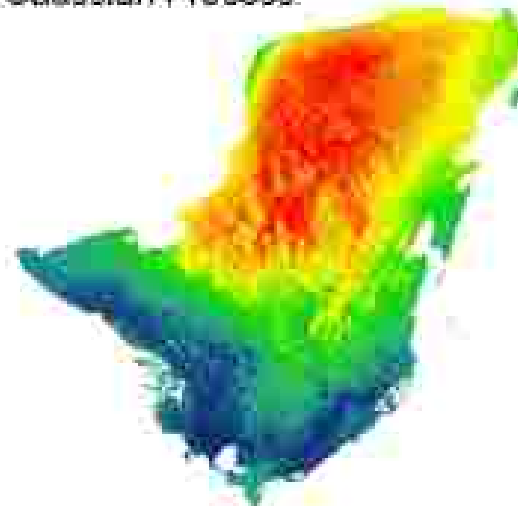
Generalized Linear Model



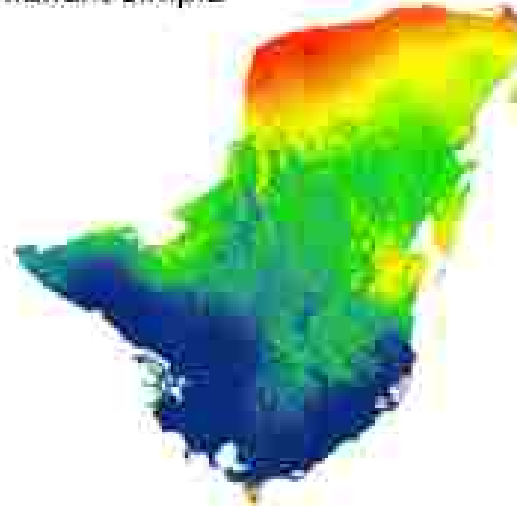
Mahalanobis distances



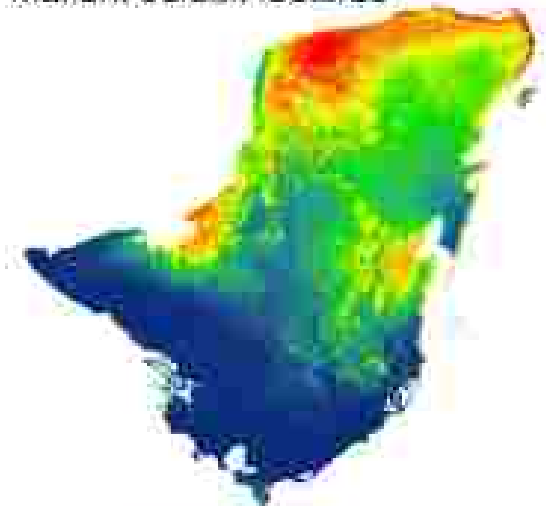
Gaussian Process



Maxent simple



Maxent default features



Ecological Modelling 224 (2010) 36–46



Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Modelling

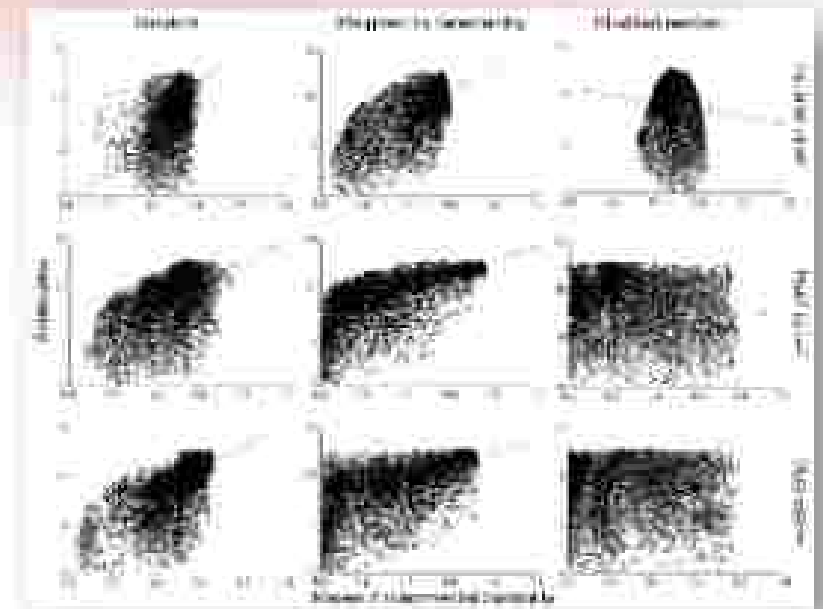
journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolmodel



Predicting species' abundances from occurrence data: Effects of sample size and bias



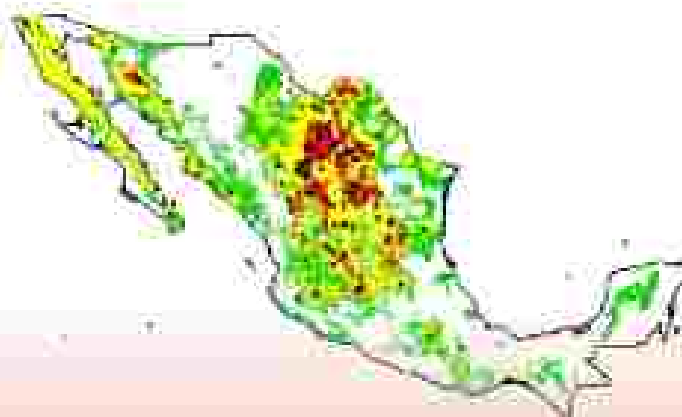
Carlos Yañez-Arenas^{a,*}, Roger Guevara^b, Enrique Martínez-Meyer^c,
Salvador Mandujano^a, Jorge M. Lobo^{a,c}



Aleatorizado



Sesgado por la densidad



Sesgado por accesibilidad



OPS



PAHO/OPS
Unión Panamericana/Organización
de Estados Americanos



Un enfoque integrador para mejorar el manejo del
envenenamiento por serpientes en Latinoamérica

Vol. 107, No. 134

The American Naturalist

March–April 1973

NICHE RESPONSE STRUCTURE AND THE ANALYTICAL POTENTIALS OF ITS RELATIONSHIP TO THE HABITAT

BASSETT MAGUIRE, JR.

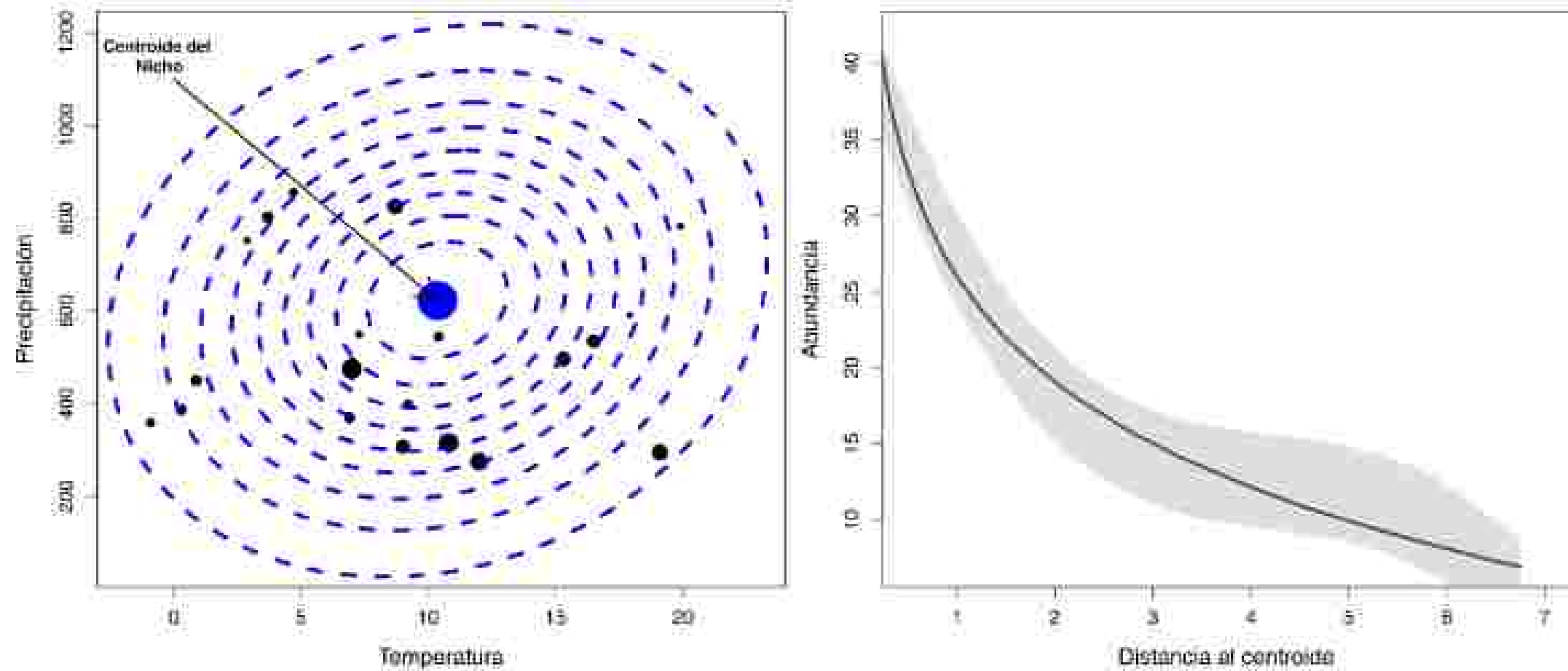
Department of Zoology, University of Texas, Austin, Texas 78712

Hutchinson (1956) suggested that the niche might be viewed as an N -dimensional hypervolume in which each ecological characteristic or quality of an organism or species could be represented by the position and length of a line in one dimension of a multidimensional space. This conceptual approach led to considerable recent growth of ecological investigation and theory construction at previously unattained levels of analytical and theoretical rigor (see, for example, Van Valen 1965; Maguire 1967; Miller 1967; Whitaker 1967; Cody 1968; Levins 1968; MacArthur 1968; Wusselhor 1969; McNaughton and Wolf 1970; Schoener 1970; and Colwell and Putayana 1971). Prior to Hutchinson's suggestion, the niche concept was based on little more than an intuitive idea of the position ("occupation") that a species (organism) had in the environment—the way in which it made a living with respect to its needs for nutrition, for reproduction, for protection and/or escape from extremes of temperature, moisture, pH, predators (grazers), and so on. This intuitive concept is extremely important because it can be used in a more or less systematic way to examine the qualitative aspects of the interactions between an organism and the environment from the point of view of the organism.



Bassett Maguire, Jr.

Hipótesis de centralidad de nicho ecológico



Martínez Meyer *et al.*, 2013

biology letters

royalsocietypublishing.org

Research

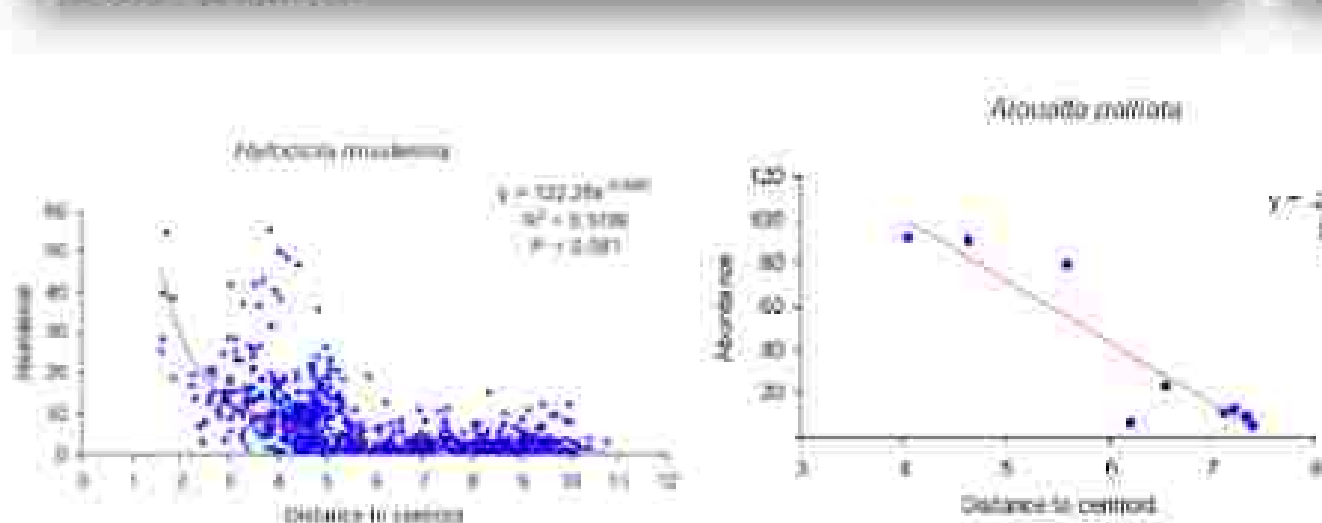
Population ecology

Ecological niche structure and rangewide abundance patterns of species

Enrique Martínez-Meyer¹, Daniel Díaz-Pardo^{1,2}, A. Townsend Peterson³ and Carlos Gallo-Soto⁴

¹Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 04510, México
²Instituto de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México, Baja California Sur, México
³Department of Biology, University of Kansas, Lawrence, KS 66045, USA
⁴Instituto de Biología, UNAM, México D.F. 04510, México

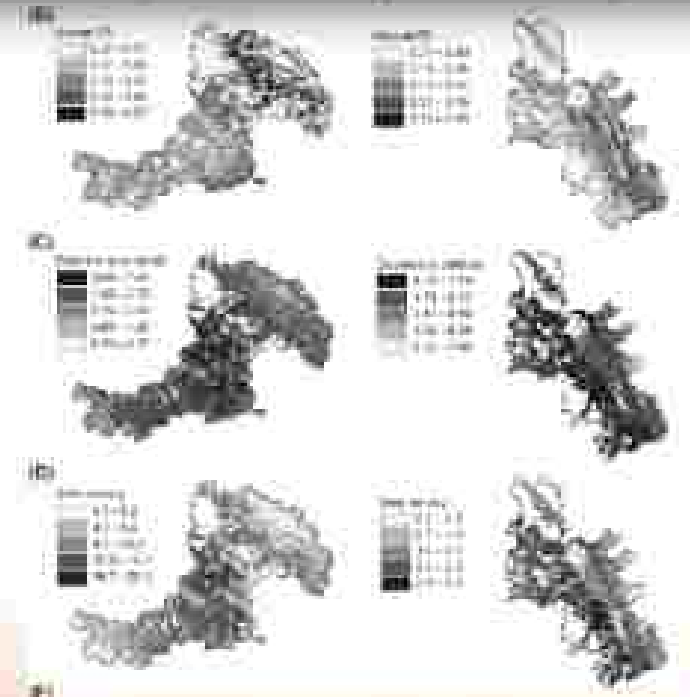
doi:10.1098/rsbl.2011.0001



Online 1251-3893/2012, 2012
 doi:10.1098/rsbl.2011.0001
 © 2012 The Authors. Online © 2012 British Ecological Society
 Subject Editor: Joseph Bailey. Accepted 28 March 2012

Modelling geographic patterns of population density of the white-tailed deer in central Mexico by implementing ecological niche theory

Carlos Yañez-Arancán, Enrique Martínez-Meyer, Salvador Mandujano and Octavio Rojas-Soto



ECOLOGY LETTERS

Ecology Letters, (2020)

doi: 10.1111/ele.13453

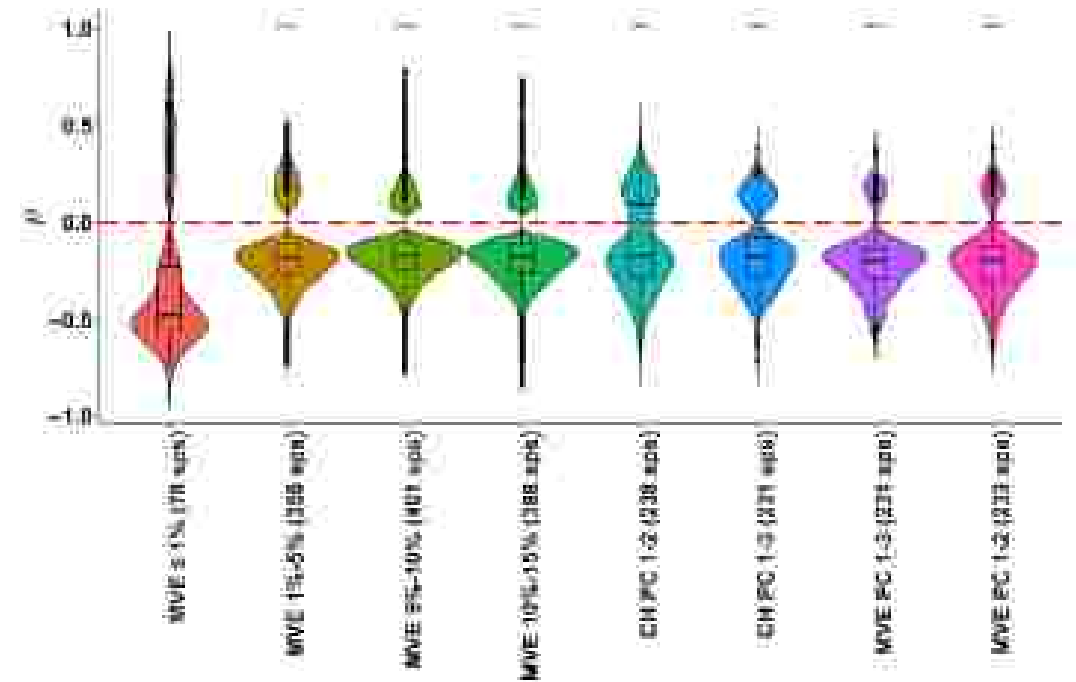
LETTER

Relationships between population densities and niche-centroid distances in North American birds

Luk Osorio-Oliveta,^{1,2} Carlos
Yáñez-Arancúz,² Enrique

Abstract

Correlational ecological niche models estimating the limits of actual and potential geographic abundance patterns based on the North American bird niche-centroid distance of niche-centre relationships: terrestrial, non- and the strongest negative distance patterns, which





PHD THESIS PROJECT

Applying Ecological Niche Modeling to Infer Potential Risk Areas of Snakebites in Tropical Mexico

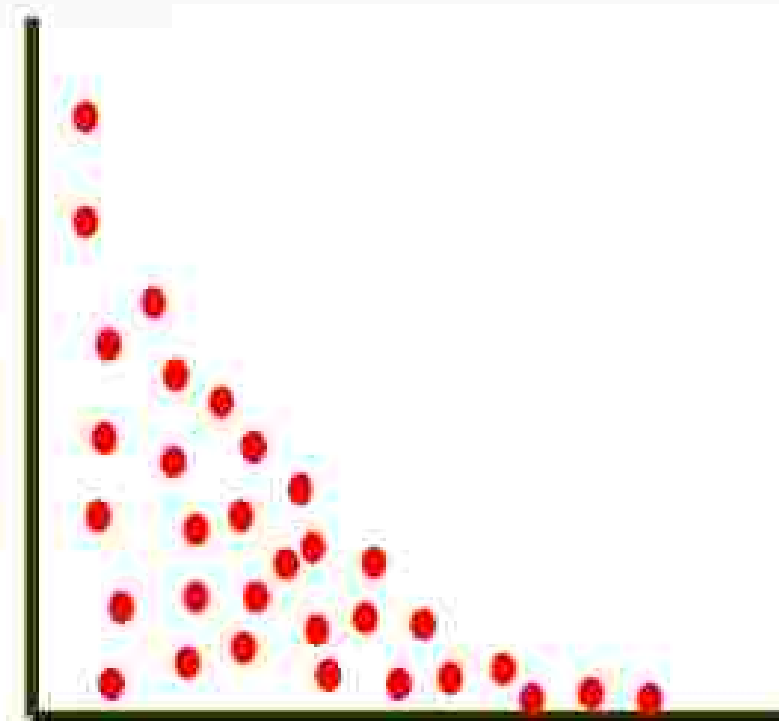
Research proposal for

DR. CAROL AGOSTINI TULLO AMORIM
Postdoc researcher

DR. A. FERNANDO PEREZ
Biology researcher
Biology Department
Biology Institute
The University of Texas

July 11, 2018

Incidencia de ofidismo



Distancia al centroide del nicho
+ (abundancia potencial) -

The Use of Ecological Niche Modeling to Infer Potential Risk Areas of Snakebite in the Mexican State of Veracruz

Carlos Yalvo-Arenas^{1*}, A. Townsend Peterson², Pierre Mokandoko³, Octavio Rojas-Soto⁴, Enrique Martínez-Meyer⁵

¹ Universidad Veracruzana, Veracruz, Veracruz, Mexico, ² University of Kansas, Lawrence, Kansas, United States of America, ³ Université de Kinshasa, Kinshasa, Democratic Republic of Congo, ⁴ Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos, Secretaría de Salud, México, ⁵ Instituto de Ecología, UNAM, Xalapa, Veracruz, México, ⁶ Instituto de Ecología, Universidad Veracruzana, Veracruz, Veracruz, México

Abstract

Background: Many authors have claimed that ecological risk is associated with human population density, human activities, and urban behavior. Here we analyzed whether environmental suitability of species can be used as an indicator of snakebite risk. We tested several hypotheses to explain snakebite incidence through the construction of models incorporating both environmental suitability and socioeconomic variables in Veracruz, Mexico.

Methodology/Principal Findings: Ecological niche modeling (ENM) was used to estimate potential geographic and ecological distributions of nine viper species in Veracruz. We evaluated the degree to the species range overlap (ENM) this analysis may be associated with a prediction of abundance. We found significant inverse relationships between suitability and ENM of common vipers (*Crotalus simus* and *Bothrops asper*), explaining respectively 11% and almost 55% of variation in snakebite incidence. Additionally, ENM for these two species, in combination with marginalization of human populations, accounted for 30% of variation in incidence.

Conclusions/Significance: Our results suggest that niche modeling and human-environmental dynamics can be used to mapping distributions of environmental suitability for venomous snakes, combining this ecological information with socioeconomic factors, may be useful in inferring potential risk areas for snakebites, since hospital data are often biased, especially when incidence is low.

Citation: Yalvo-Arenas C, Peterson AT, Mokandoko P, Rojas-Soto O, Martínez-Meyer E (2015) The Use of Ecological Niche Modeling to Infer Potential Risk Areas of Snakebite in the Mexican State of Veracruz. PLOS ONE 10(12): e0142607. doi:10.1371/journal.pone.0142607

Editor: Scott Davis, University of Maryland, UNITED STATES OF AMERICA

Received: March 7, 2015; Accepted: May 26, 2015; Published: June 16, 2015

Copyright: © 2015 Yalvo-Arenas et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability: The authors confirm that all data underlying the findings are fully available without restriction. All data are included under the Supporting Information files.

Funding: CONACYT supports the principal investigator Carlos Yalvo-Arenas in his research of Mexico. This research has no other funding, data collection and analysis decisions to publish, or preparation of the manuscript.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist.

* carlos.yalvo@uv.mx



Crotalus simus



Bothrops asper

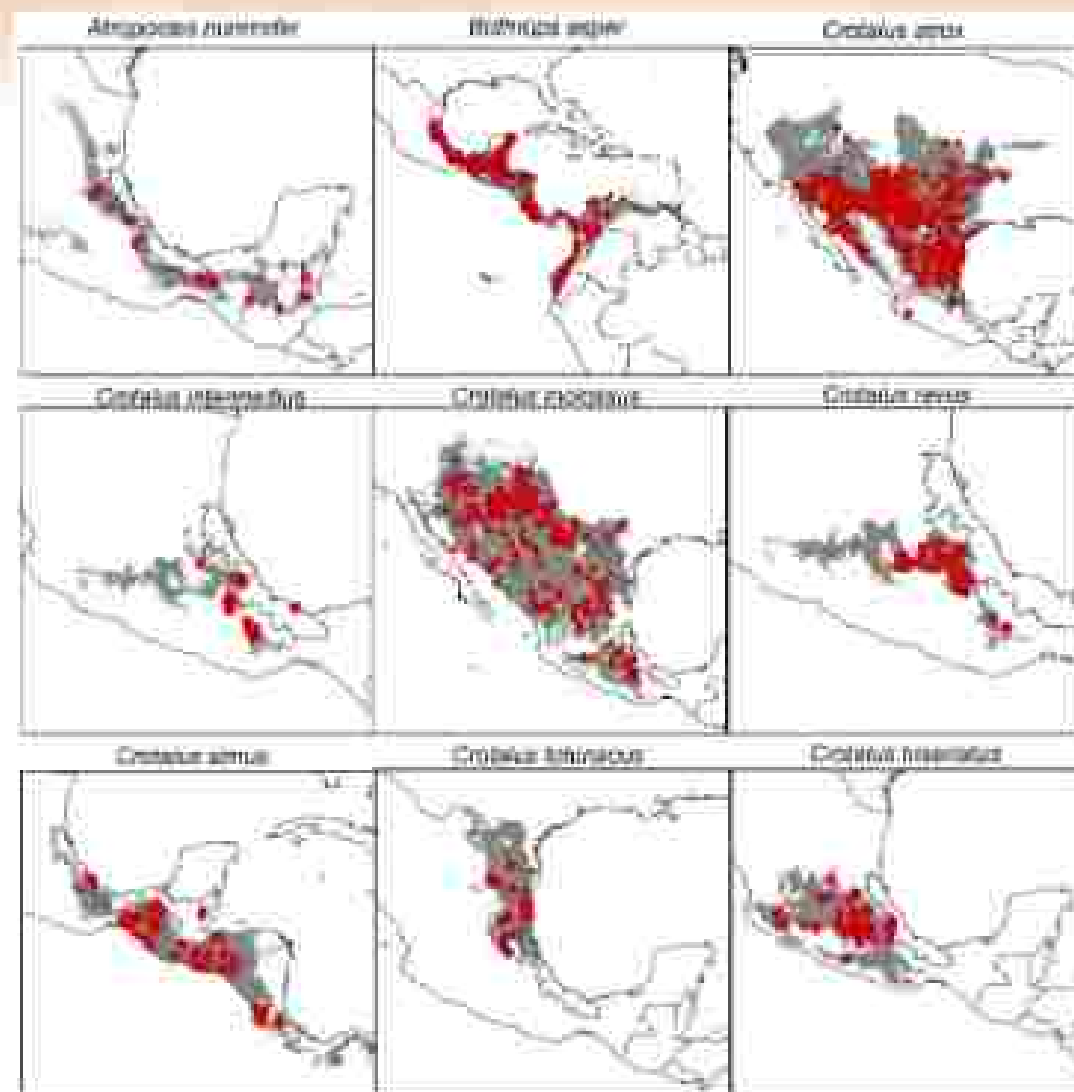


Figure 2. Occurrences and potential distributions of the vipers commonly distributed in Veracruz, Mexico. doi:10.1371/journal.pone.0180847.g002

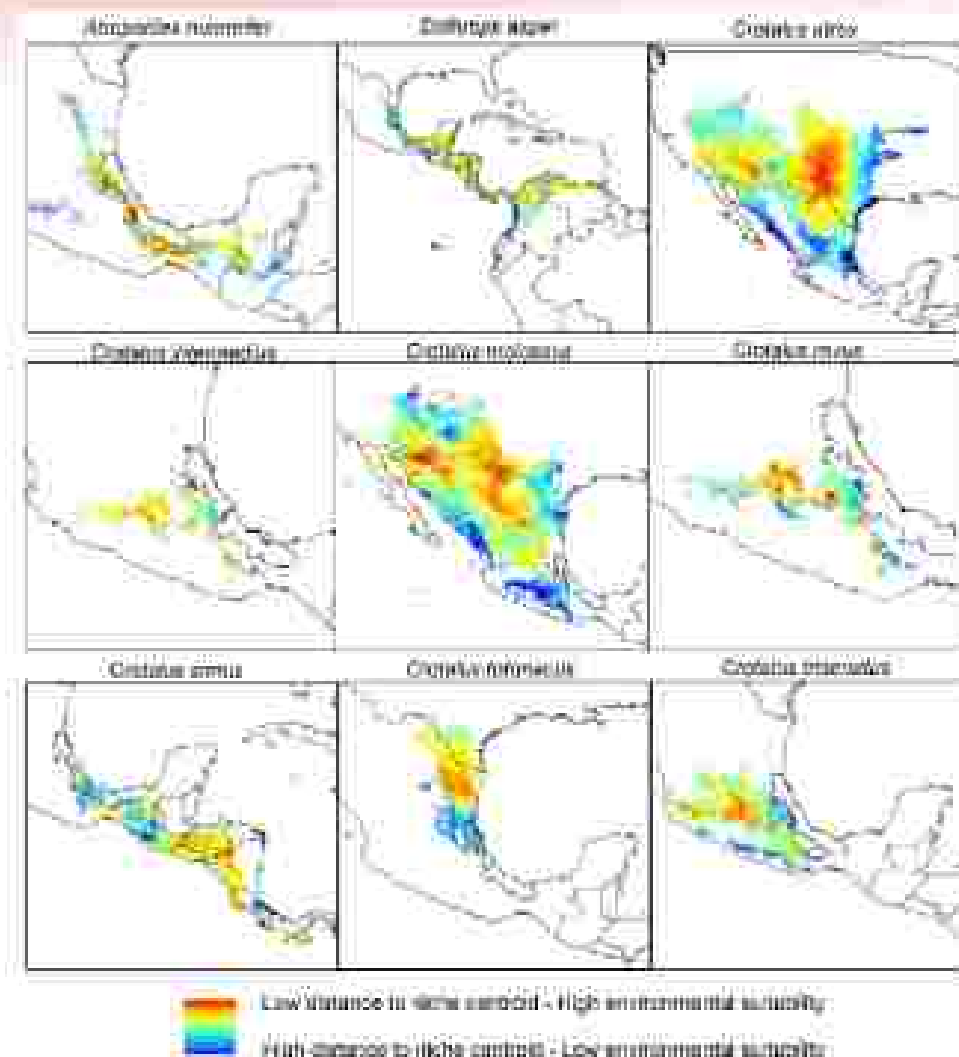


Figure 3. Geographic representation of the distance to niche centroid of the vipers. doi:10.1371/journal.pone.0180847.g003

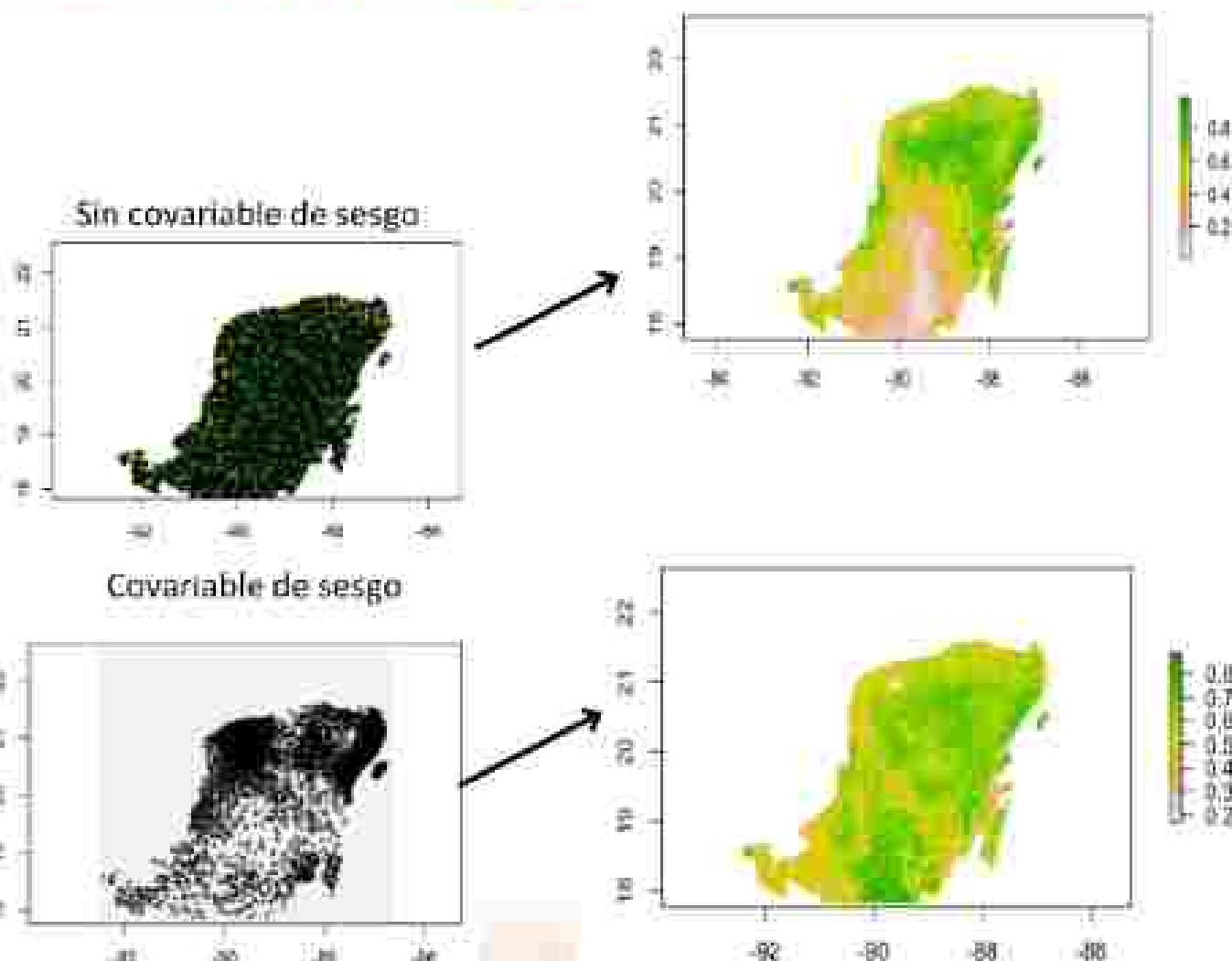
Corrección de sesgo

🎯 Problemática del sesgo de muestreo:

- Datos concentrados en áreas accesibles
- Sobrerrepresentación de zonas urbanas/carreteras
- Subestimación de hábitats remotos
- Predicciones espaciales distorsionadas

🦴 Estrategia de corrección:

- **Sin covariable de sesgo:** Modelo sesgado con datos brutos
- **Covariable de sesgo:** Incorporación del esfuerzo de muestreo
- Mejora significativa en precisión espacial
- Predicciones más realistas para salud pública



Estructura de la charla

- Escenario actual de los accidentes por serpientes
- Modelos correlativos de distribución de especies y nicho ecológico
- Predicción de la densidad poblacional
- Integración de procesos y mecanismos
- Escenario futuro de los accidentes por serpientes
- Conclusiones

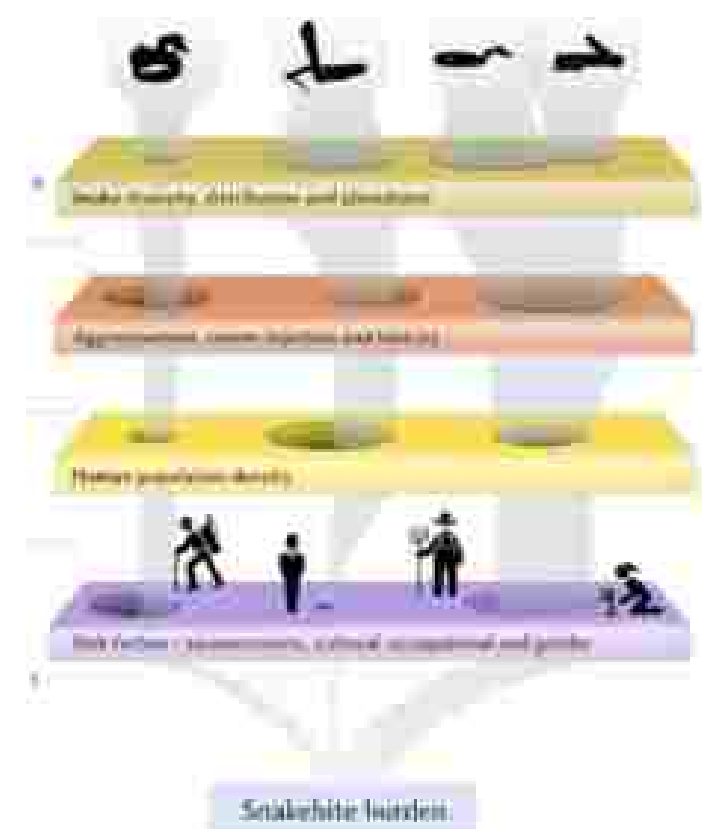
Más allá de correlaciones: Integrando procesos socio-ecológicos

☐ Limitaciones de enfoques correlativos:

- Correlaciones vs. mecanismos causales
- Patrones emergentes no capturados
- Interacciones complejas simplificadas

🏠 Modelado basado en agentes (ABM):

- Bottom-up approach - individuos → patrones poblacionales
- Agentes autónomos: Serpientes + Agricultores
- Interacciones dinámicas espacio-temporales



Más allá de correlaciones: Integrando procesos socio-ecológicos

Ejemplo: Sri Lanka (Goldstein et al., 2021)

- Seis especies de serpientes + 3 tipos de cultivos
- Comportamiento diferencial por especie y estación
- Validación con patrones epidemiológicos observados

Ventajas del enfoque mecanístico:

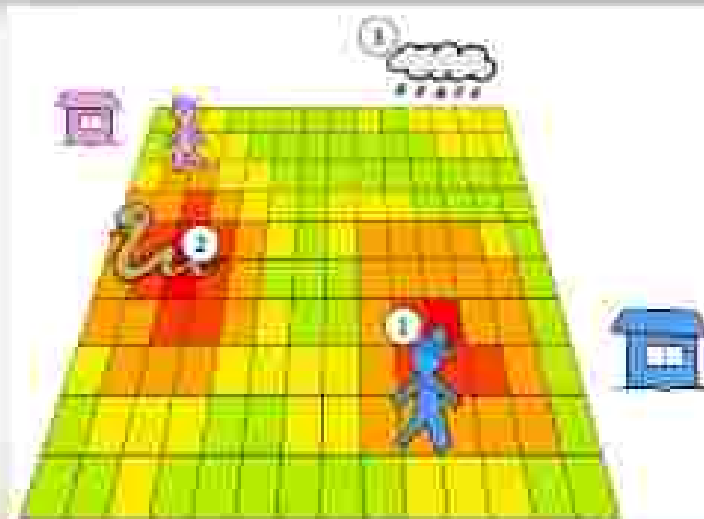
- Procesos explícitos vs. correlaciones implícitas
- Hipótesis testeable sobre causas
- Intervenciones dirigidas a mecanismos específicos

PLOS NEGLECTED TROPICAL DISEASES

RESEARCH ARTICLE

Integrating human behavior and snake ecology with agent-based models to predict snakebite in high risk landscapes

Cybil Gutierrez^{1,2*}, Joseph J. Etnier^{3,4}, Genaro Murillo^{5,6}, Anantharam Kasturiraman⁷, Dilogo Sengath Edirisinghe⁸, Nithurathu James de Gilar⁹, Peter Diggie¹⁰, David Graham Latham¹¹, Rola A. Moneg^{12,13}, Talique Ibrahim¹⁴



Estructura de la charla

- Escenario actual de los accidentes por serpientes
- Modelos correlativos de distribución de especies y nicho ecológico
- Predicción de la densidad poblacional
- Integración de procesos y mecanismos
- Escenario futuro de los accidentes por serpientes
- Conclusiones

Escenarios futuros: Proyectando el riesgo ofídico bajo cambio climático

El desafío del cambio climático:

- Temperaturas en aumento global
- Patrones de precipitación alterados
- Eventos extremos más frecuentes
- Ecosistemas en transición

📍 Impactos en serpientes venenosas:

- Distribuciones geográficas en cambio
- Actividad estacional modificada
- Densidades poblacionales variables
- Nuevos encuentros humano-serpiente



Enfoque correlativo: modelos de nicho

Metodología:

- 90 taxa (78 especies + 12 géneros) de serpientes venenosas
- 3 modelos climáticos (CCSM4, GISS-E2-R, MIROC5)
- 2 escenarios RCP (2.6 conservador, 8.5 pesimista)
- Transferencia a 2050 con técnicas múltiples

Climatic Change
DOI 10.1007/s10584-013-1544-6



Mapping current and future potential snakebite risk in the new world

Carlos Yañez-Arenas¹  · A. Townsend Peterson¹ ·
Karla Rodríguez-Medina¹ · Narayani Barve¹

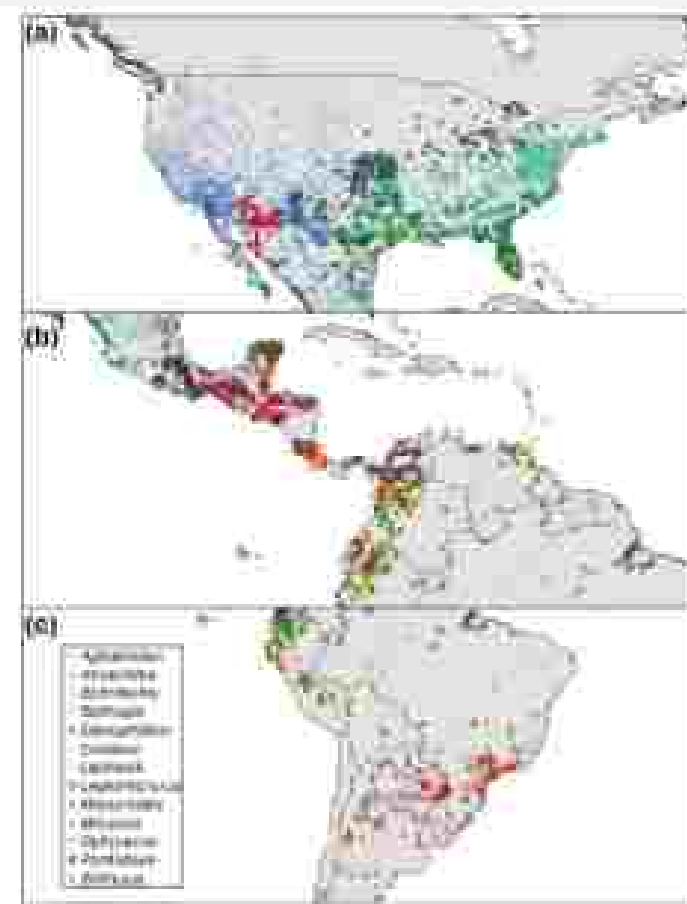


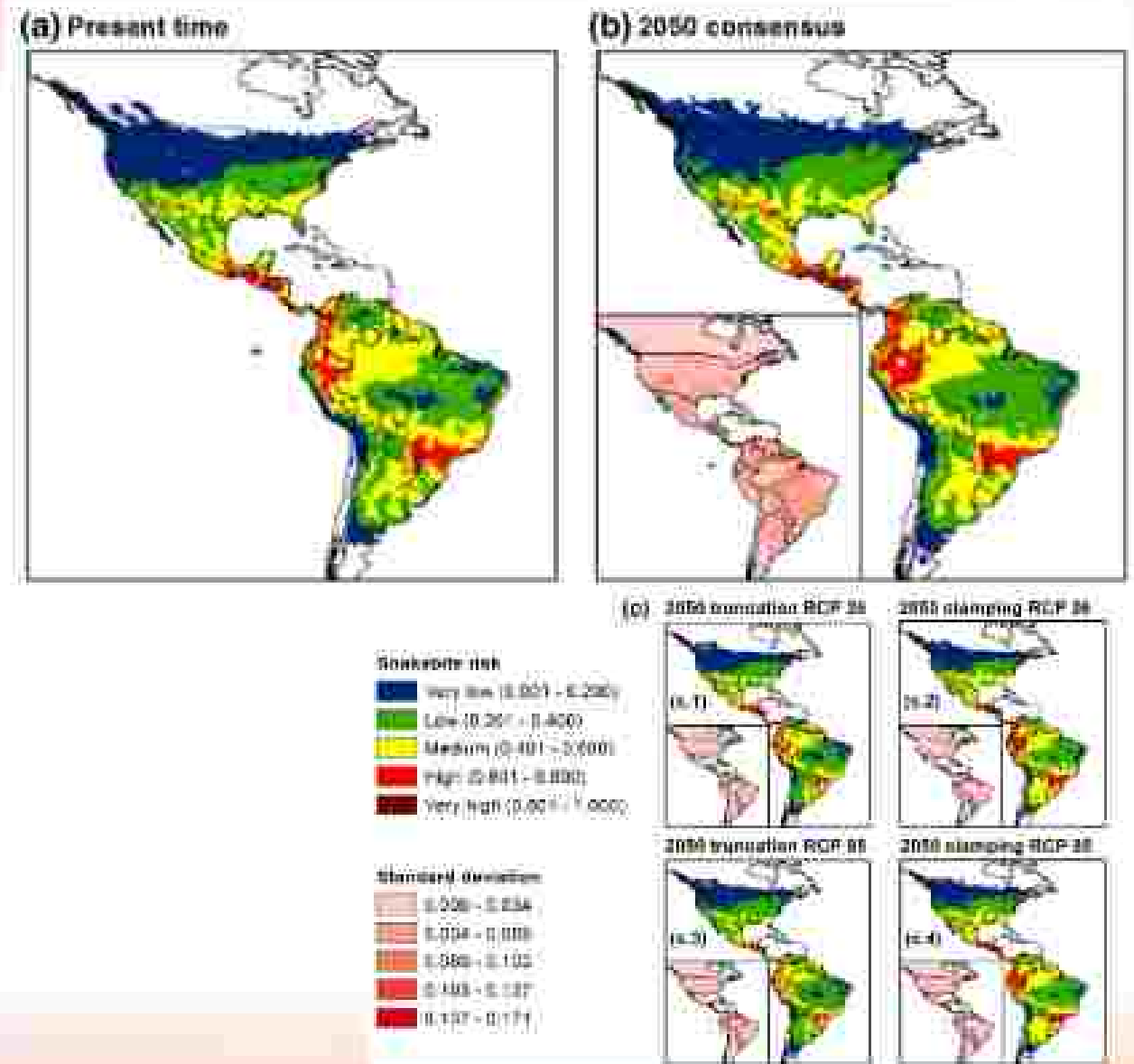
Fig. 1. Distribution of the 90 snake taxa studied in the Americas (a-c).

📊 Resultados continentales:

- **Expansión hacia el norte** en Norteamérica
- **Respuestas heterogéneas** en Latinoamérica
- **30.8% aumento** en áreas de riesgo potencial
- **5.5-6.7 millones** de personas adicionales en riesgo

⚠️ Hotspots emergentes:

- **us EE.UU.:** Sur de Texas, Florida, sureste
- **mx México:** Expansión a zonas montañosas
- **BR Brasil:** Amazonía y región atlántica
- **COEC Colombia-Ecuador:** Zonas costeras y andinas



Enfoque integrado: Más allá del clima

🌐 Cambio global multifactorial:

- Cambio climático (3 modelos regionales CORDEX)
- Cambio de uso de suelo (modelo Dyna-CLUE)
- Crecimiento poblacional (escenarios SSP)
- Modelado basado en agentes (comportamiento)

📊 Metodología integrada:

- Bottom-up approach con agentes individuales
- Validación con datos epidemiológicos 2010-2019
- Escenarios SSP hasta 2050
- Patrones emergentes de múltiples factores

Effects of global change on snakebite envenoming incidence up to 2050: a modelling assessment

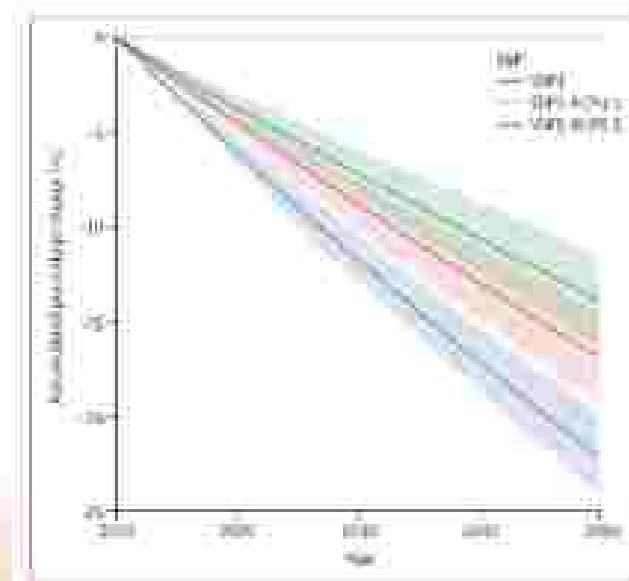


Effects of global change on snakebite envenoming incidence up to 2050: a modelling assessment



$$\Delta H_t = H_{t-1} \times \left(1 - \exp \left(-\beta \left(H_{t-1} I_t \right) \sum_{j=1}^n c_j S_{t,j} + P_{t-1} \right) \right) \times P_{t-1}$$

$$\log \left(\frac{P_{t-1}}{1 - P_{t-1}} \right) = \beta_t + \sum_{j=1}^n b_j S_{t,j}$$



🕒 Hallazgos contrastantes:

- **Disminución general** de incidencia (-12% a -23%)
- **Hotspots locales** donde factores convergen
- **Variabilidad espacial** alta dentro del país
- **Factores socioeconómicos** más importantes que clima

💡 Ventajas del enfoque integrado:

- **Realismo** vs. simplificación correlativa
- **Mecanismos explícitos** vs. correlaciones
- **Múltiples factores** simultáneos

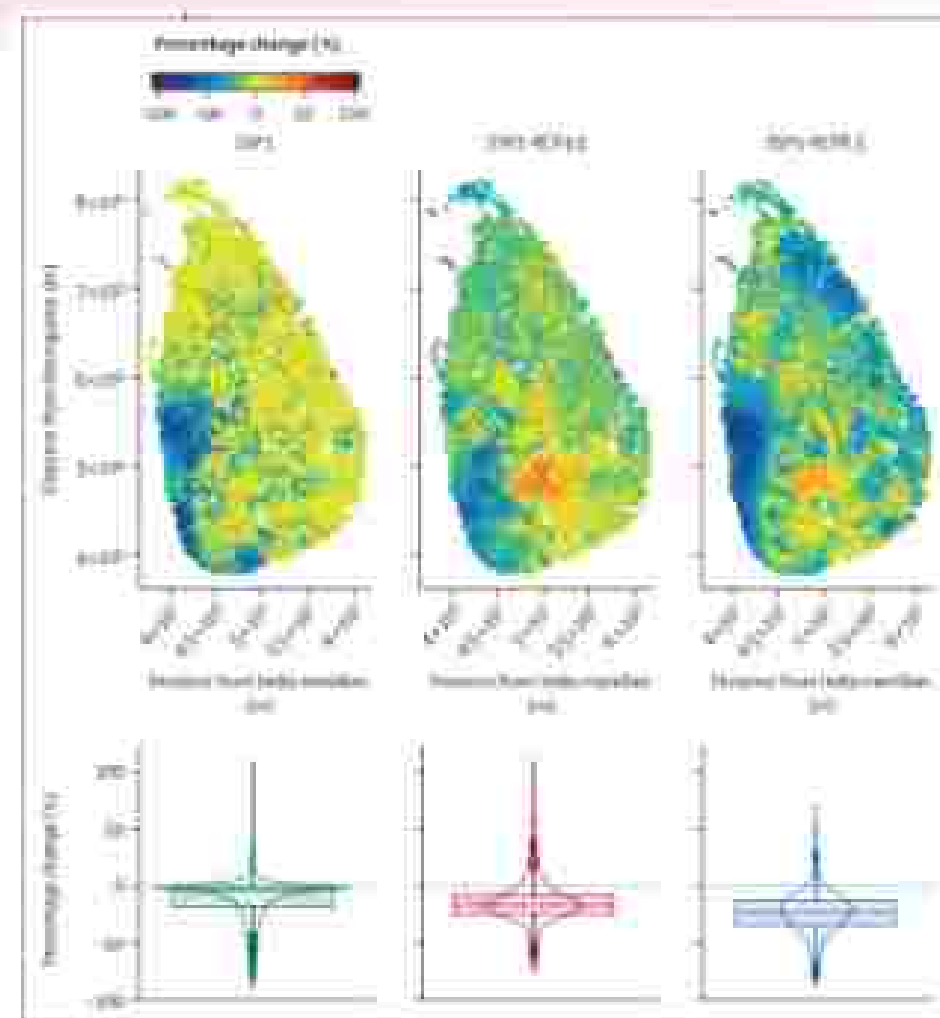


Figure 3. Predicted percentage change in poisoning incidence between 2010 and 2020 in each GDP scenario

Estructura de la charla

- Escenario actual de los accidentes por serpientes
- Modelos correlativos de distribución de especies y nicho ecológico
- Predicción de la densidad poblacional
- Integración de procesos y mecanismos
- Escenario futuro de los accidentes por serpientes
- Conclusiones

Conclusiones

Evolución metodológica demostrada:

- **Correlaciones → Mecanismos:** De patrones a procesos
- **Simple → Integrado:** Clima → Socio-ecología
- **Estático → Dinámico:** Distribuciones → Comportamientos

Direcciones futuras prioritarias:

- **Validación empírica** de predicciones con datos independientes
- **Integración multi-escala:** Individual → Poblacional → Paisaje
- **Incorporación de factores sociales** en tiempo real
- **Sistemas de alerta temprana** operacionales



Bothriechis lateralis
(Foto: Carlos Yañez)

Seminario Internacional Pre-REDPEVA

**Integración y Sostenibilidad como Pilares Claves para el Enfrentamiento
de los Accidentes por Animales Venenosos en América Latina y el Caribe**

São Paulo, Brasil | 20 de agosto de 2025

GRACIAS