

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Proyecto **cultural y colectivo** de nación

Contigüidad de predios como factor de riesgo: Análisis de Redes aplicado a esquemas de bioseguridad para Fiebre Aftosa

Laboratorio de Analítica de Datos

Francisco Albeiro Gómez Jaramillo Ing., PhD
Fausto Camilo Moreno Vásquez Z., PhD

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia
Facultad de Ciencias

Departamento de Producción animal
Departamento de Matemáticas
Sede Bogotá

Jimmy Jolman Vargas Duarte MV., PhD
Carlos Manrique Perdomo Z., PhD
Jorge Mauricio Ruiz Vera Mat., PhD
Carlos Arturo González Casteñada MV., PhD
Maria Camila Moreales Pulido B., est MSc

Jorge Luis Zambrano Varon MV., PhD
Juan Carlos Galvis Arrieta Mat., PhD
Carlos Alberto Martínez Niño Z., PhD
Jeisson Andrés Prieto Velandia Ing., est MSc
Lina Fernanda Prado Gamba est Mat.

¿Cómo cuantificar niveles de contigüidad entre predios?

Utilizando **redes de contigüidad espacial**, las cuales identifican **grupos de predios cercanos entre sí**, con gran cantidad de componentes estructurales y funcionales, y múltiples relaciones entre ellos.

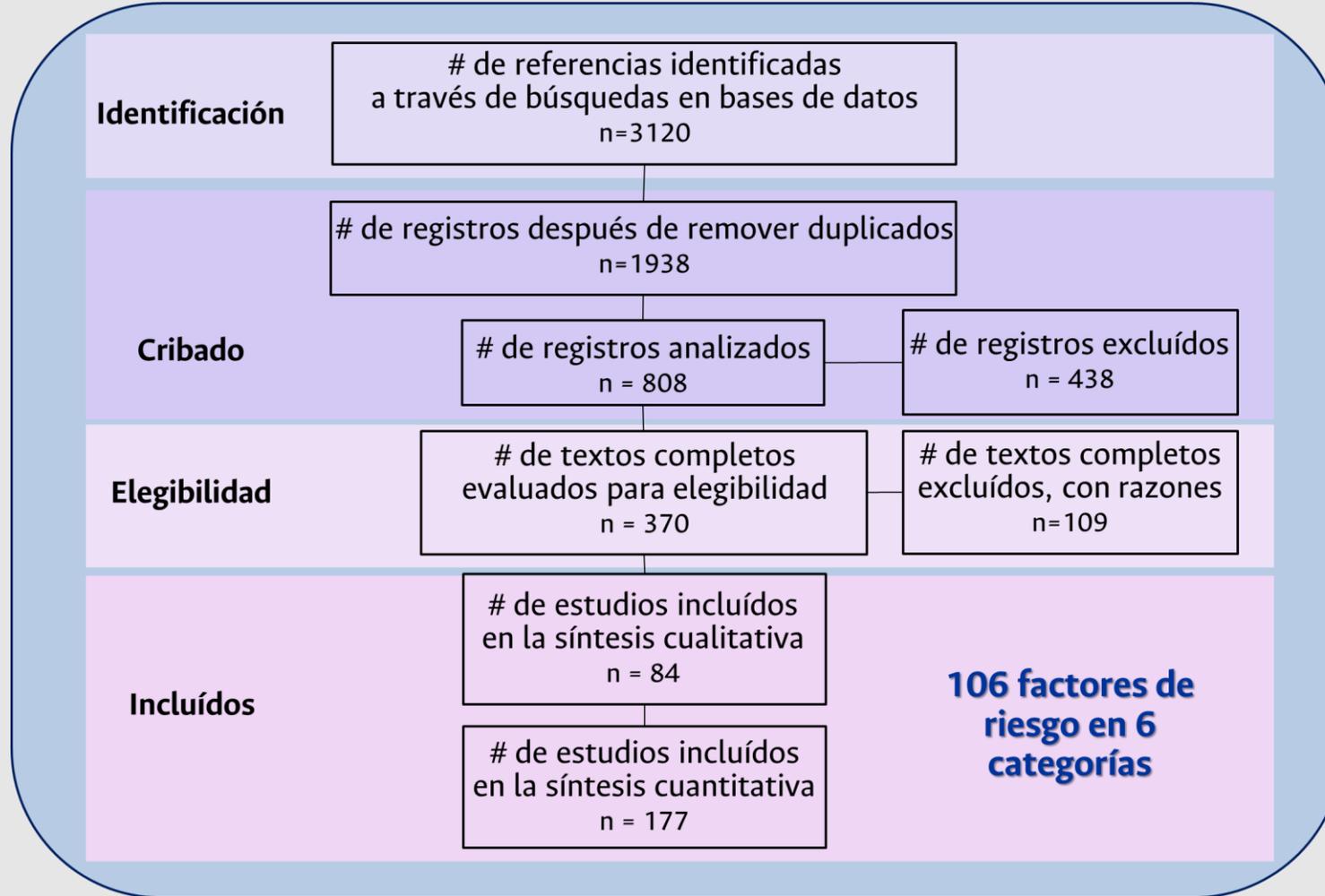
Introducción

Aplicación del análisis de **redes complejas** y **sistemas de información geográfica** al estudio epidemiológico de la Fiebre Aftosa, a partir de la **ubicación de los predios** (en cuanto a **densidad** y **conexiones** como factores de riesgo) en los escenarios de vulnerabilidad o riesgo.

Justificación

La cantidad de fincas en una región, el movimiento de personas, la permeabilidad de barreras físicas y el movimientos de fómites entre predios, entre otros, son variables de contagio y propagación de la enfermedad (Elnekave *et al.*, 2016; Ferguson, 2001; Flood, 2015; Jori *et al.*, 2009; Ringa, 2014; Slingluff *et al.*; 2014). El **análisis** de estos **factores de riesgo**, a través de su **cuantificación**, permite **prevenir** y **minimizar el riesgo** de un posible brote.

Revisión sistemática - Meta análisis



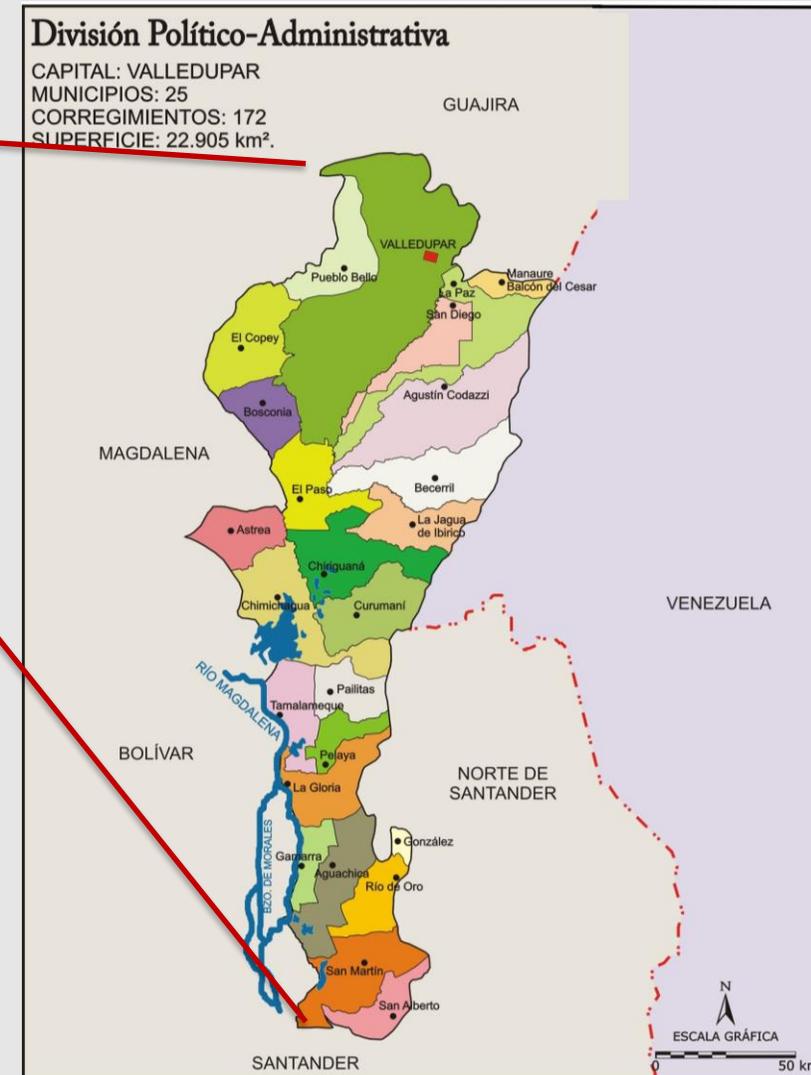
Categorías de Riesgo

- Hato bovino
- Movilización animal
- **Espacio biofísico** **Factores de Riesgo asociados a contigüidad**
- Proceso productivo
- Aspectos sanitarios
- Entorno biofisico-ambiental

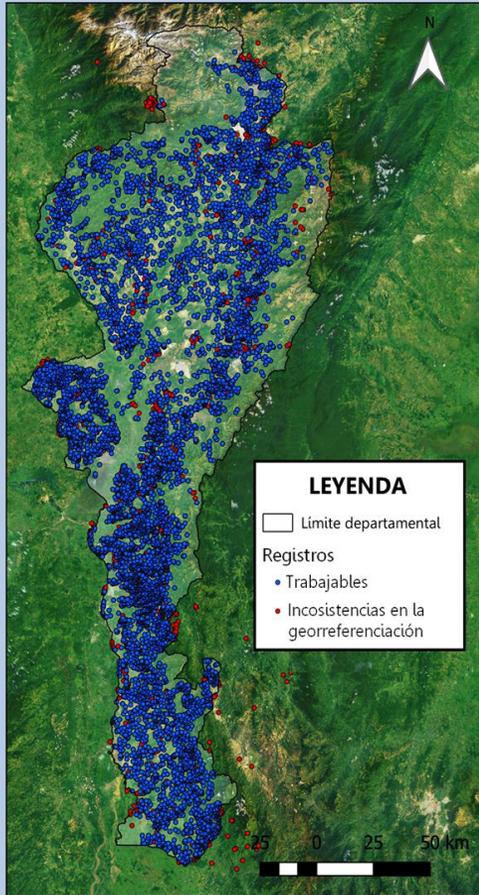
Dentro de la categoría “Espacio Biofísico”, la contigüidad entre predios se asocia, depende y permite el análisis de los factores de riesgo espacial “densidad de predios” y “conectividad entre predios” (Flood, 2015).

Aplicación: Departamento del Cesar

Factor de Riesgo: Densidad de Predios
Factor de Riesgo: Conectividad entre
Predios



Calidad de información



Predios rurales
n=50344

Registros de vacunación
n= 16002

Registros no georeferenciados
n = 3268

Coordenadas fuera de Cesar
n = 185

Registros utilizados
n = 12549

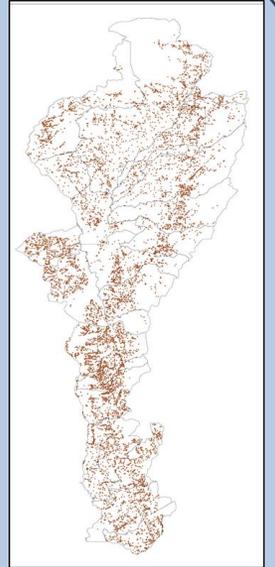
Coordenadas fuera de predios
n = 4919

Coordenadas en predios
n = 7630

Datos

ica

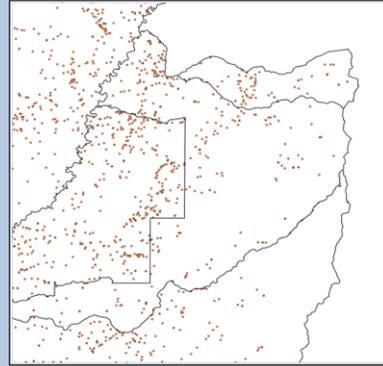
ID	LAT	LONG
1	9.964	-73.135
2	8.247	-73.547
3	8.509	-73.669
4	8.519	-73.674
5	8.596	-73.658
...		



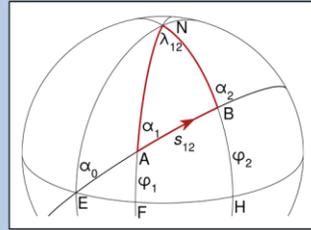
7630 predios georeferenciados (en 12549 Registros de Vacunación) del Departamento de Cesar (Colombia)

Definición de Vecindades

Distancia entre predios



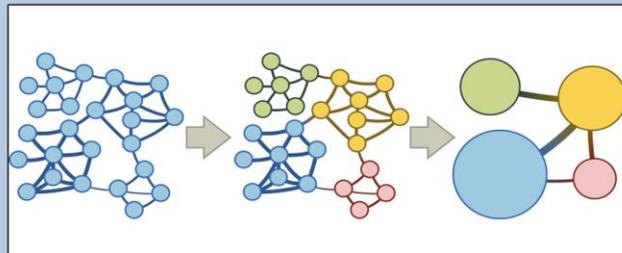
El camino más corto entre dos puntos en una superficie (Hilbert et al., 1999).



Análisis de Contigüidad

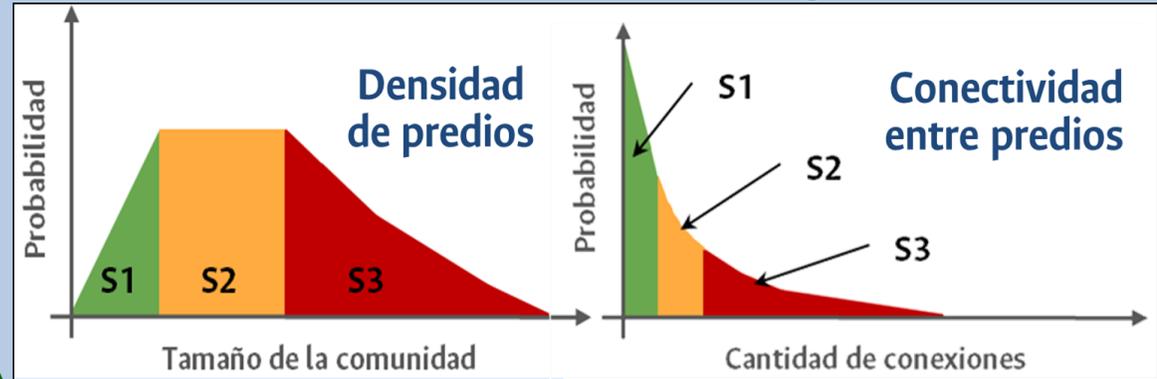
Contigüidad (Elnekave et al., 2016);

Uso de redes complejas para caracterizar los predios a través de la detección de comunidades (Flood, 2015; Radicchi et al., 2004).



Análisis de Vulnerabilidad

Vulnerabilidad (Rangos)



Vulnerabilidad (Probabilidad)

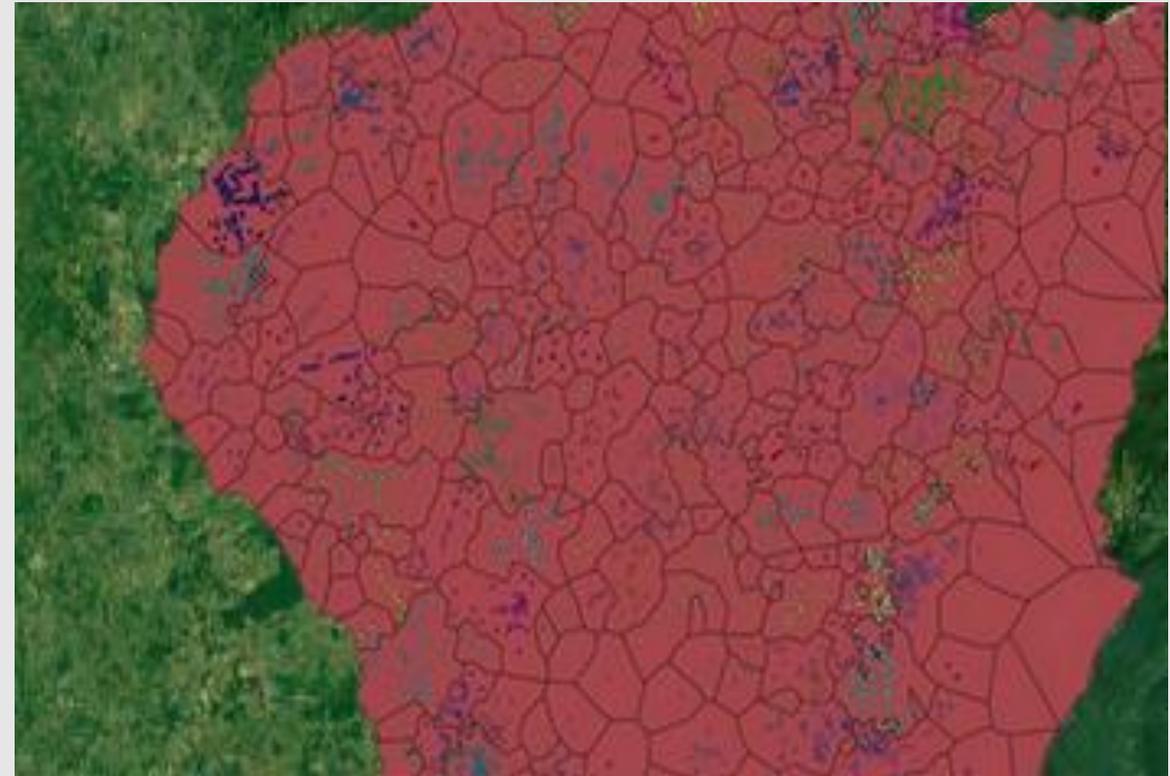
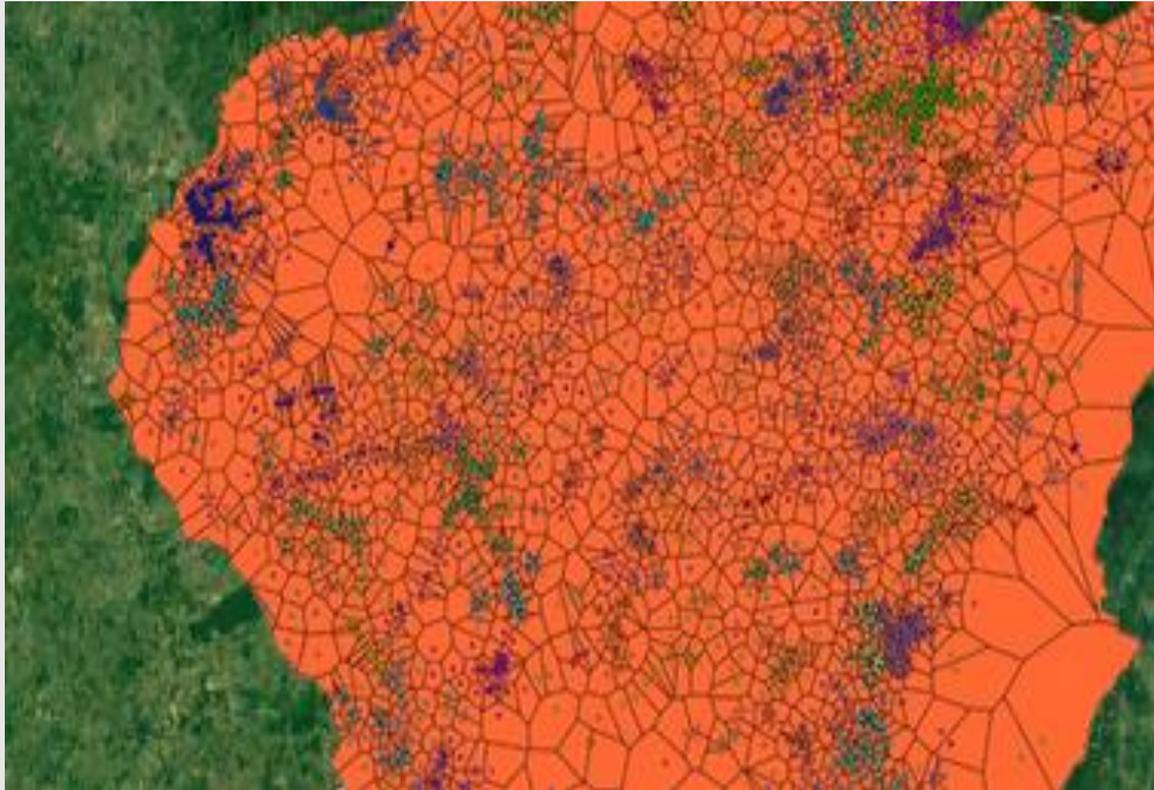
Normalización (δ, χ)

$$\bar{\chi} = \frac{x - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Predio (δ, χ)

Conjunto de Predios (δ, χ)

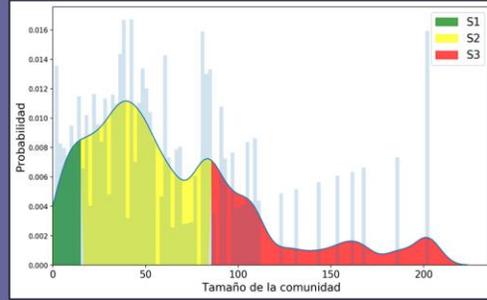
Análisis Espacial: Diagramas de Voronoi



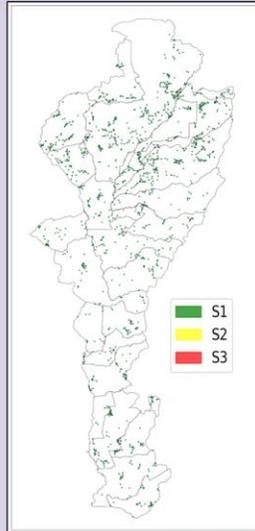
Georreferenciación de predios

Polígonos de las comunidades

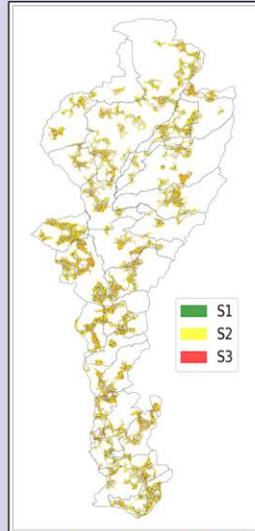
Resultados I: Rangos



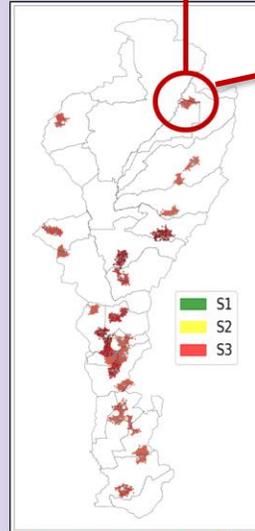
San Diego
 $V_{\delta} = S3$



La ocurrencia del evento es posible en la minoría de los casos

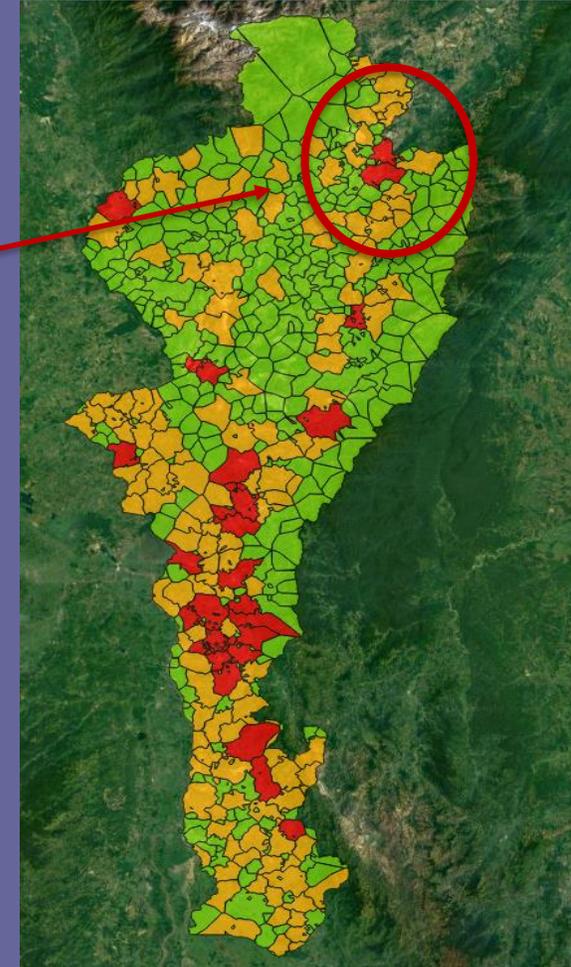


La ocurrencia del evento es posible en la mayoría de los casos

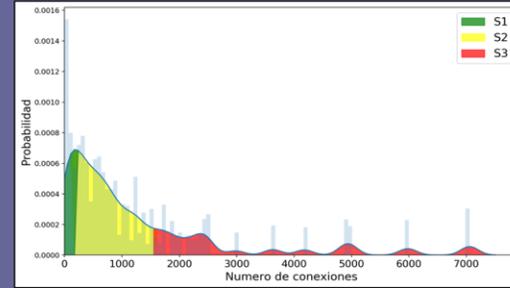
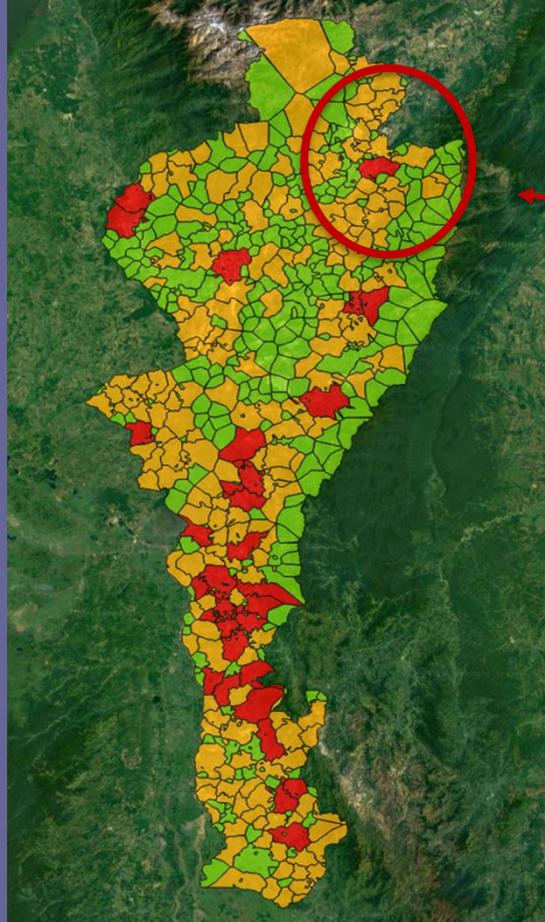


La ocurrencia del evento es probable

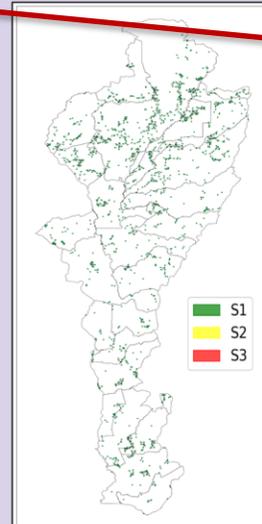
FACTOR DE RIESGO
Densidad de predios (δ)



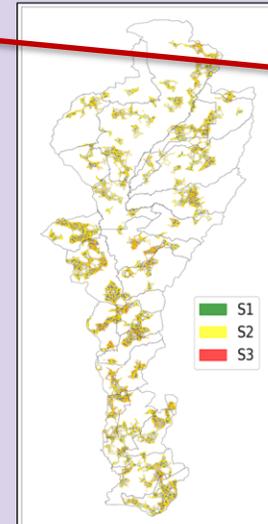
Resultados I: Rangos



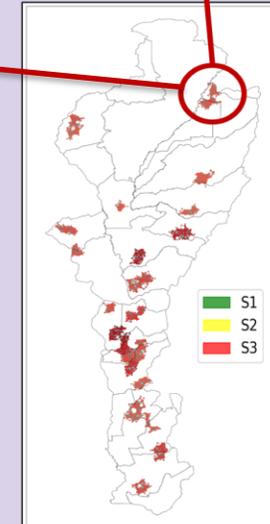
San Diego
 $V_x = S3$



La ocurrencia del evento es posible en la minoría de los casos



La ocurrencia del evento es posible en la mayoría de los casos

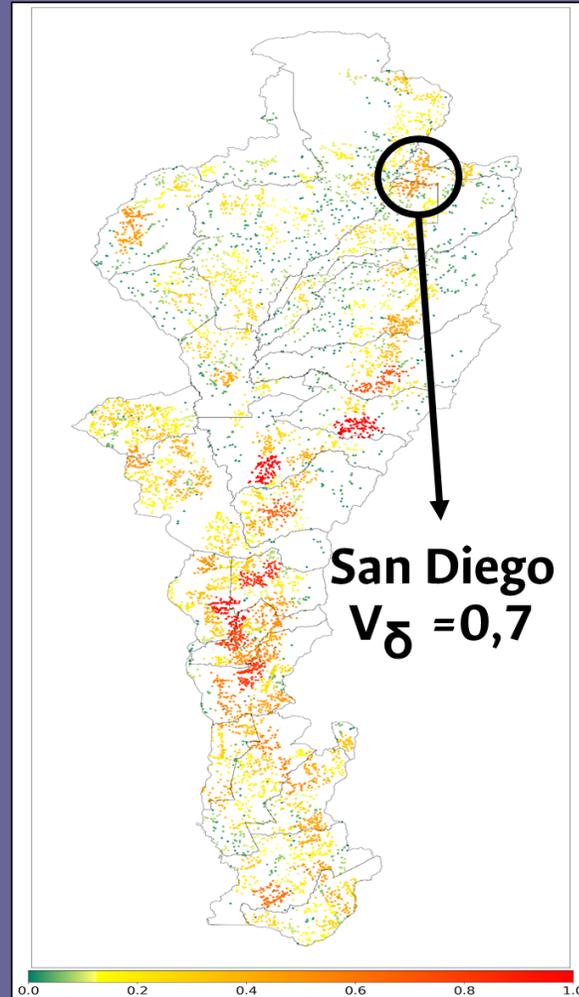


La ocurrencia del evento es probable

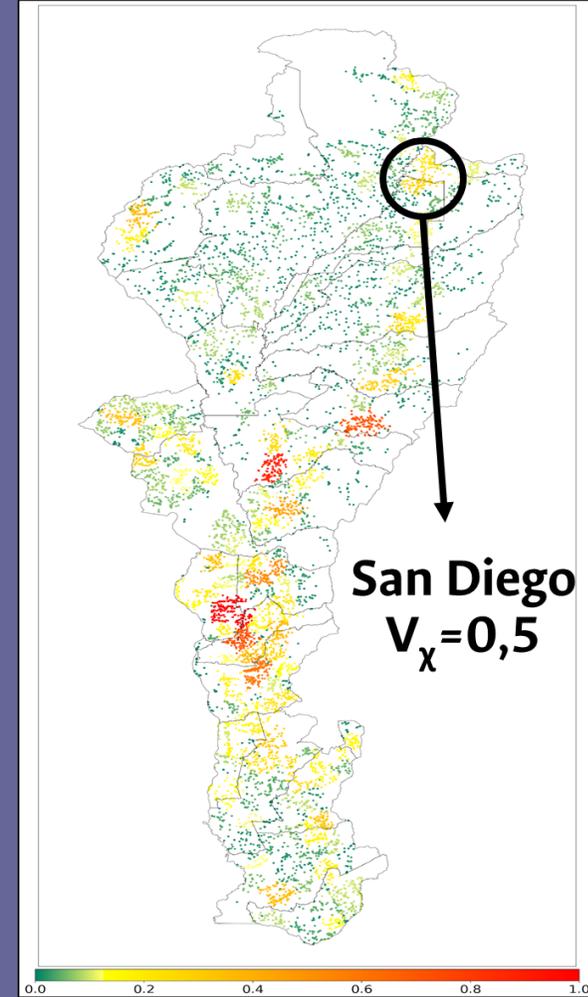
FACTOR DE RIESGO
Conectividad entre predios (X)

Resultados II:
Probabilidad

FACTOR DE RIESGO
Densidad de predios (δ)



FACTOR DE RIESGO
Conectividad entre predios (χ)



Conclusiones

- Es una estrategia de análisis espacial para caracterizar la vulnerabilidad (en el contexto de bioseguridad) y/o el riesgo (en términos de biocontención).
- El método permitiría identificar regiones potencialmente vulnerables a la presentación de Fiebre Aftosa en el departamento del Cesar, como fue comprobado por la aparición del brote en 2018.
- La metodología permitiría establecer las acciones de la autoridad sanitaria a nivel de áreas de focos y perifocos, entre otras, o para toma de decisiones sobre el territorio.
- La flexibilidad en la visualización de resultados, permite implementar la metodología en ejercicios a diferentes escalas espaciales, para procesos de toma de decisiones a nivel predial, regional o nacional, por parte de la autoridad sanitaria o planificadores territoriales.

Referencias

- Elnekave, E., van Maanen, K., Shilo, H., Gelman, B., Storm, N., El Khaliq, M. A., ... & Klement, E. (2016). Prevalence and risk factors for foot and mouth disease infection in cattle in Israel. *Preventive veterinary medicine*, 130, 51-59.
- Ferguson, N. M., Donnelly, C. A., & Anderson, R. M. (2001). The foot-and-mouth epidemic in Great Britain: pattern of spread and impact of interventions. *Science*, 292(5519), 1155-1160.
- Flood, J. (2015) Foot-and-mouth disease epidemiology in relation to the physical, social and demographic farming landscape. University of Edimburgh.
- Jori, F., Vosloo, W., Du Plessis, B., Bengis, R. G., Brahmabhatt, D. P., Gummow, B., & Thomson, G. R. (2009). A qualitative risk assessment of factors contributing to foot and mouth disease outbreaks in cattle along the western boundary of the Kruger National Park. *Revue scientifique et technique-Office international des épizooties*, 28(3), 917-931.
- Hilbert D.; Cohn-Vossen S. (1999) *Geometry and the Imagination*. American Mathematical Soc, 87
- Radicchi, F.; Castellano, C.; Cecconi, F.; Loreto, V.; Parisi, D. (2004) Defining and Identifying communities in networks. *Proceeding of the National Academy of Science*. 101(9) 2658-2663.
- Slingluff, J., Sampedro, F., & Goldsmith, T. J. (2014). Risk assessment for the transmission of foot and mouth disease via movement of swine and cattle carcasses from FMD-infected premises to a disposal site.



Gracias

Universidad Nacional de Colombia

Proyecto cultural y colectivo de nación