

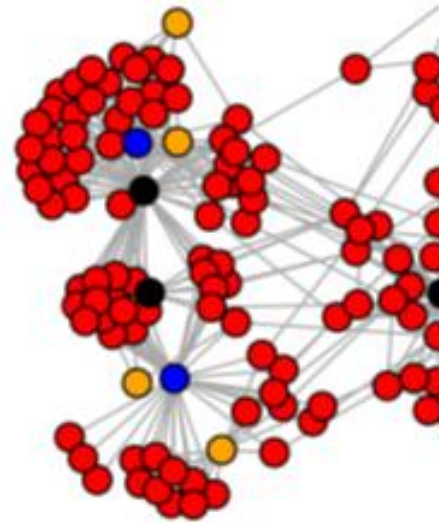
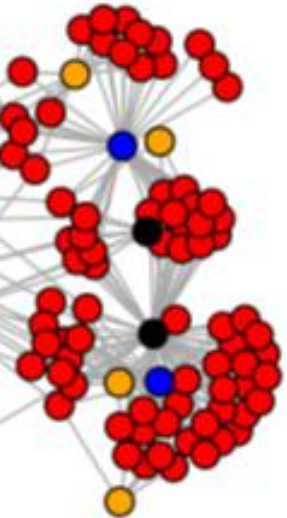
Análisis de redes de impacto para diseñar estrategias de manejo de enfermedades de plantas

Karen A. Garrett

karengarrett@ufl.edu

garrettlab.com

 @Garrett_Lab



UF IFAS
UNIVERSITY of FLORIDA



Institute for
Sustainable Food
Systems

Objetivos a discutir

- Análisis de redes para el análisis de sistemas
- Conectividad de los campos agrícolas y *Sembrando Vida*
- Sistemas de semillas
- ‘Smart surveillance and mitigation’

Ejemplos de preguntas y estrategias

1. ¿Cuál es la ubicación optima para el monitoreo de enfermedades en los nodos de la red?
2. ¿Cómo cambia el progreso de la epidemia respecto a la posición en que inicia la enfermedad en la red?
3. ¿Cuál es el cambio en la dispersión de la enfermedad con la implementación de cuarentena?
4. ¿Cómo las estadísticas de la red se compara con la selección de las locaciones para cuarentena?

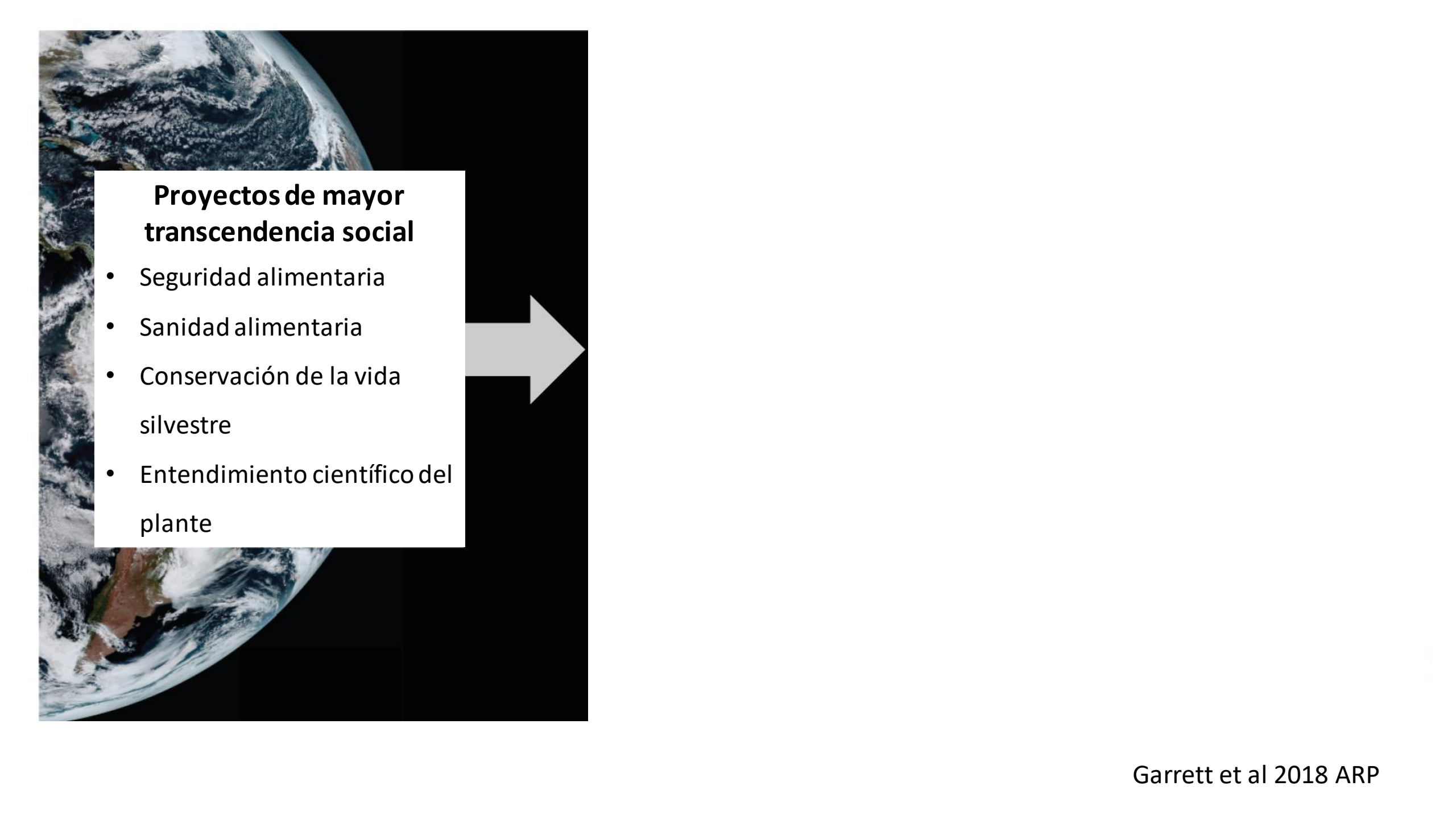
Andersen et al 2019

Annual Review of Phytopathology

Análisis de Redes: Un Marco de Sistemas para Abordar Grandes Desafíos en Patología de Plantas

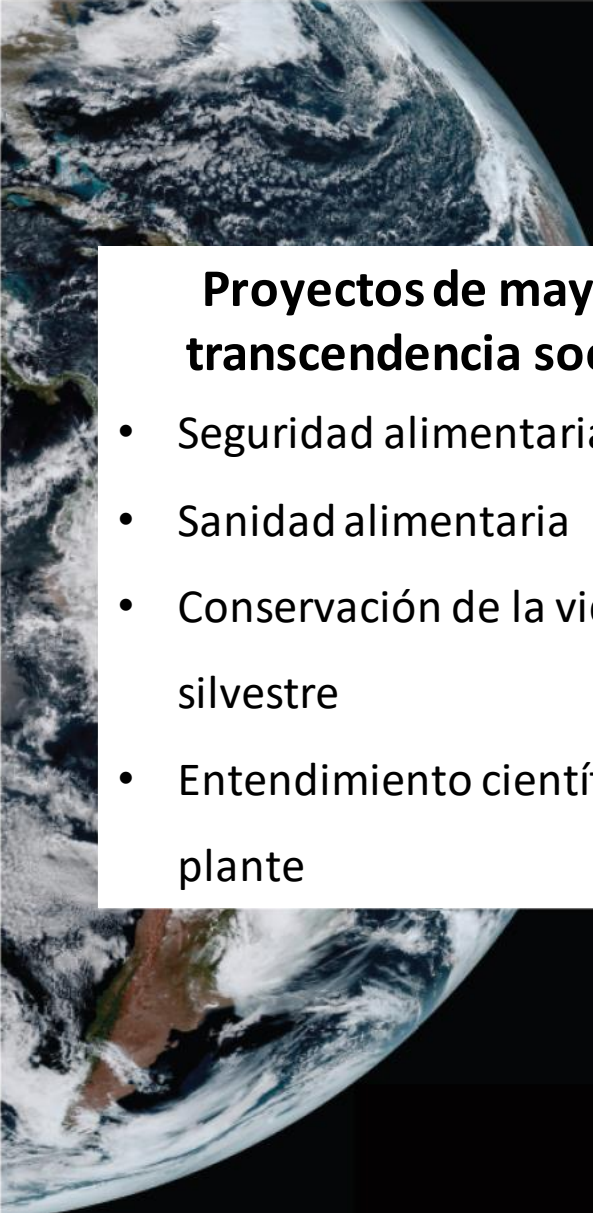
K.A. Garrett,^{1,2,3} R.I. Alcalá-Briseño,^{1,2,3}
K.F. Andersen,^{1,2,3} C.E. Buddenhagen,^{1,2,3,4}
R.A. Choudhury,^{1,2,3} J.C. Fulton,^{1,2,3}
J.F. Hernandez Nopsa,^{1,2,3,5} R. Poudel,^{1,2,3} and Y. Xing

Annu. Rev. Phytopathol. 2018. 56:559–80



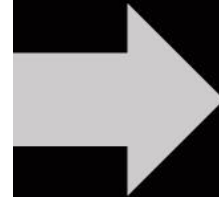
Proyectos de mayor transcendencia social

- Seguridad alimentaria
- Sanidad alimentaria
- Conservación de la vida silvestre
- Entendimiento científico del plante



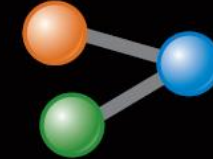
Proyectos de mayor trascendencia social

- Seguridad alimentaria
- Sanidad alimentaria
- Conservación de la vida silvestre
- Entendimiento científico del plante



Amenazas debido a enfermedades de plantas

- Bajar productividad, alta variabilidad productiva, bajos márgenes productivos
- Producción de toxinas en alimentos con sinergismos de patógenos humanos
- Extinción de especies de plantas y disminución de la función ecológica, efecto del manejo de enfermedades en especies no productivas

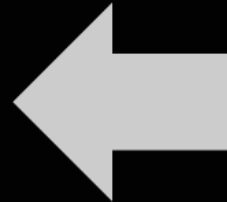


Retos inherentes a la patología de plantas

- Cambios globales: clima, intercambio comercial, uso de suelo, inestabilidad política, crecimiento poblacional
- Invasión de patógenos
- Evolución de patógenos

**Retos
Operacionales
Para la patología
de plantas**

- A Recursos limitados**
- B Sistemas complejos**
- C Economía global desigual**

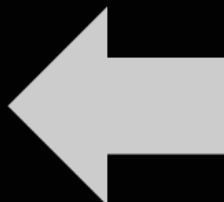


Beneficios del análisis de redes

- A** Identificación de prioridades geográficas y temporales de intervenciones
- B** Provee nuevas herramientas para analizar conceptos como sustentabilidad y resiliencia
Enlaza conceptos de patología de plantas y socioeconómicos para impactar agricultores de bajos-ingresos y ayudar el incremento del desarrollo agrícola
- C**

Retos Operacionales Para la patología de plantas

- A** Recursos limitados
- B** Sistemas complejos
- C** Economía global desigual
- D** Disponibilidad de datos globales
- E** Datos de fitobioma
- F** Aplicación de progreso en otras disciplinas, incluyendo la ciencia de ciencias



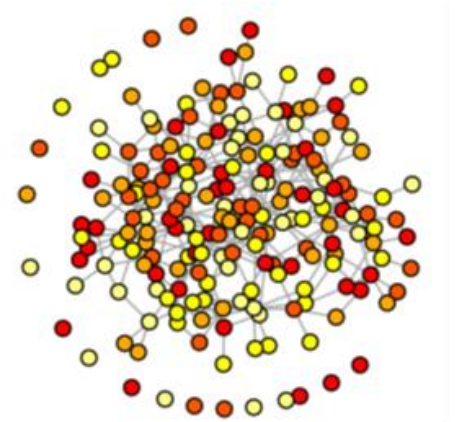
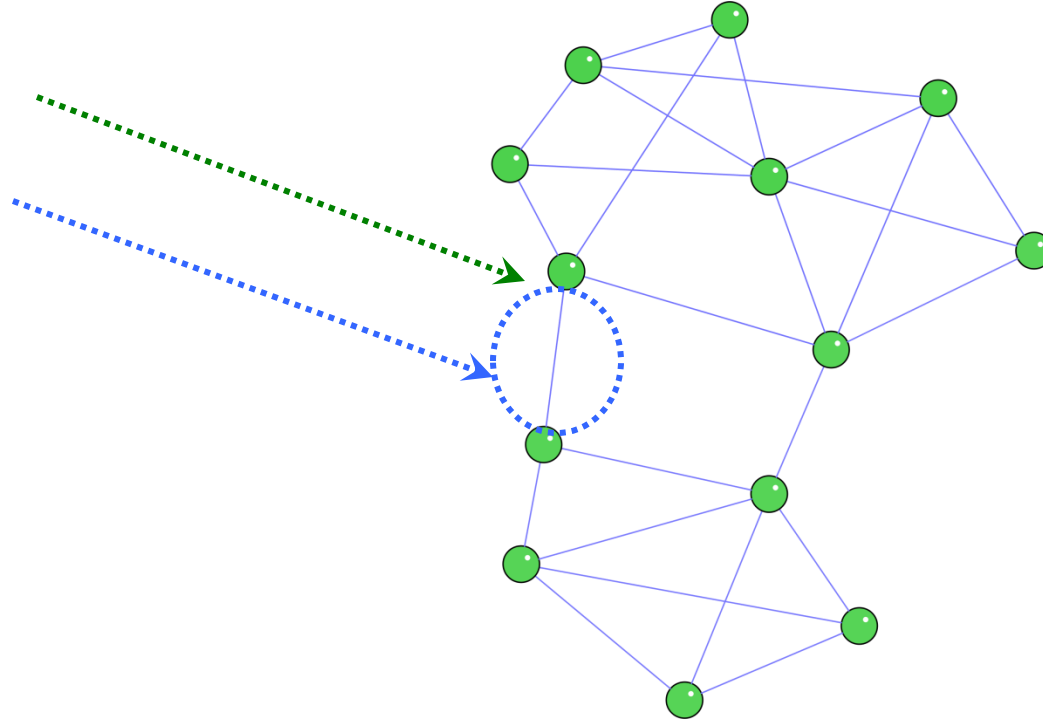
Beneficios del análisis de redes

- A** Identificación de prioridades geográficas y temporales de intervenciones
- B** Provee nuevas herramientas para analizar conceptos como sustentabilidad y resiliencia
Enlaza conceptos de patología de plantas y socioeconómicos para impactar agricultores de bajos-ingresos y ayudar el incremento del desarrollo agrícola
- C** Integra datos globales en múltiples escalas
- D** Clarifica interacciones del fitobioma e identifica a los organismos claves
- E** Integra a la patología de plantas con disciplinas como epidemiología humana, física, ingeniería eléctrica y sociología

Modelos dinámicos de redes

Nodo (Vértice)

Enlace (Arista)

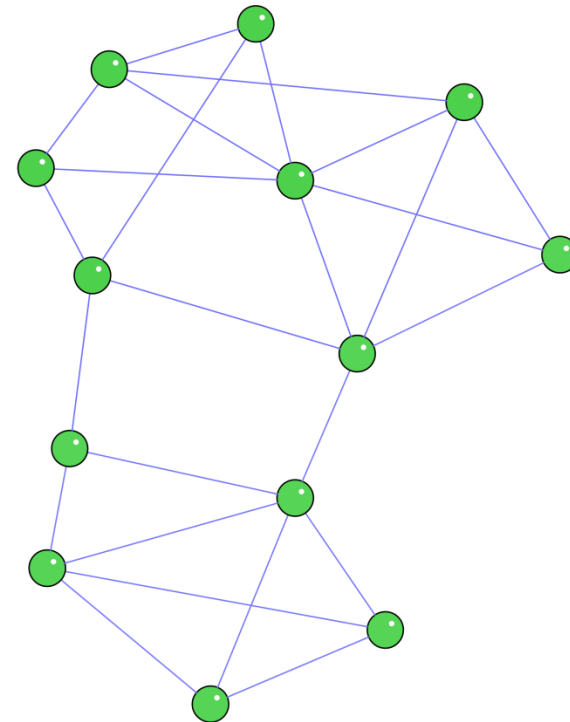


Enlace ponderado: Nivel de interacción entre un par de nodos

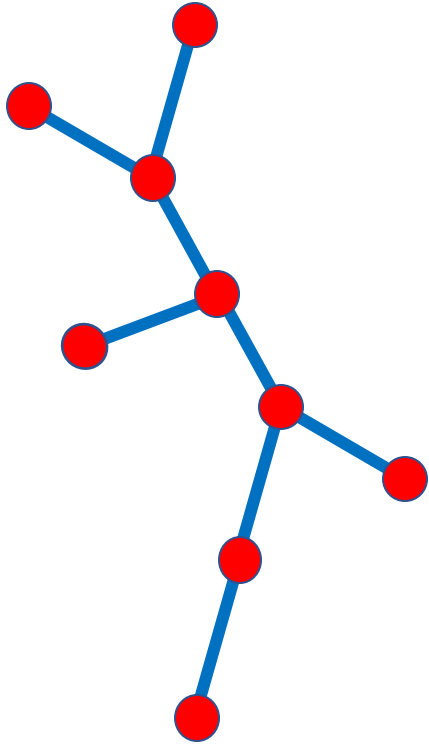
Naturaleza dinámica: Enlaces ponderados que cambian con el tiempo

La estructura de la red se caracteriza por posibilidades infinitas

- Los nodos pueden ser:
 - Ubicaciones en el espacio de la red (municipios, campos, plantas, hojas, células, organelos, microbios, ...)
 - Entidades
 - Individuos
 - Especies (en redes tróficas o el fitobioma)
 - Genes
 - Moléculas
- Los enlaces pueden ser:
 - Atracción o probabilidad, activación, información, ...
 - Dependiente de variable medioambientales



Categorías de nodos en la red



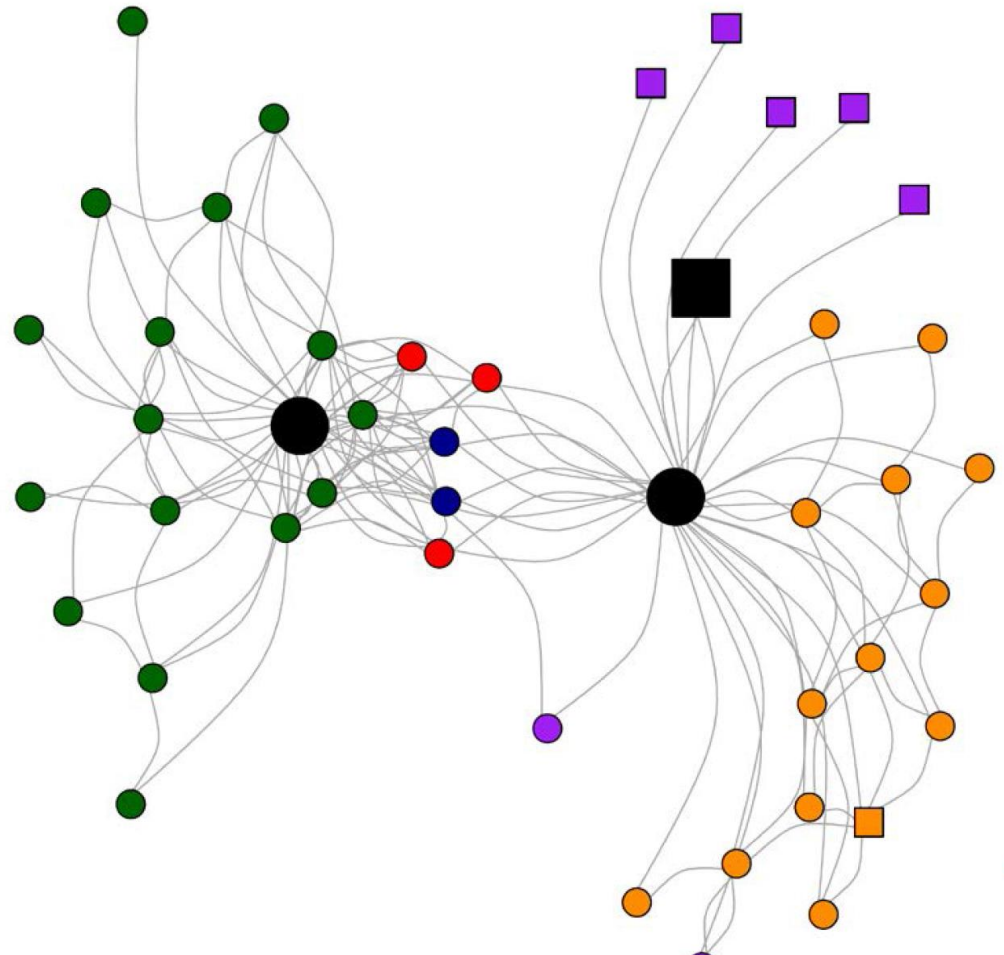
- En una **red socioeconómica**, los nodos son personas o instituciones (encargados/campesinos, técnicos de campo, científicos, ...)
- En una **red biofísica**, nodos son ubicaciones geográficas (plantas, campos de cultivo, almacenes, zonas no agrícolas, ...)
- **Grado de centralidad** – número de enlaces
- **Centralidad de cercanía** – es la medida de cuán fácil un nodo alcanza otros nodos
- **Centralidad intermedia** – es la medida de un nodo funcionando como puente entre otros nodos
- **Centralidad de vecindad** – es la medida de que tan importante es un nodo respecto a sus nodos vecinos

Red de Genes de Resistencia en Programas de Mejoramiento de Cultivos Globales

K. A. Garrett,[†] K. F. Andersen, F. Asche, R. L. Bowden, G. A. Forbes, P. A. Kulakow, and B. Zhou

Phytopathology 2017

[\[open access link\]](#)



Red de mejoramiento de yuca

Red de conexiones y campos a través de los cuales los genes de resistencia se mueven

Especies no-cultivables, silvestres, y colecciones de germoplasma (conservación *in situ* y *ex situ*)

System stressors and shocks

y

Red de conexiones y campos a través de los cuales los genes de resistencia se mueven

Especies no-cultivables, silvestres, y colecciones de germoplasma (conservación *in situ* y *ex situ*)

Programas de preselección para generar genes de resistencia disponibles en cultivos de élite

Programas de mejoramiento para desarrollar líneas élite, donde las decisiones están basadas en cuales genes a liberar

Sistemas de semillas, para determinar cuales genes resistentes están presentes en todas las variedades

Farmers' fields, where pathogen populations determine which resistance genes are most useful

System stressors and shocks

Cambio de uso de suelo, cambio climático y guerra

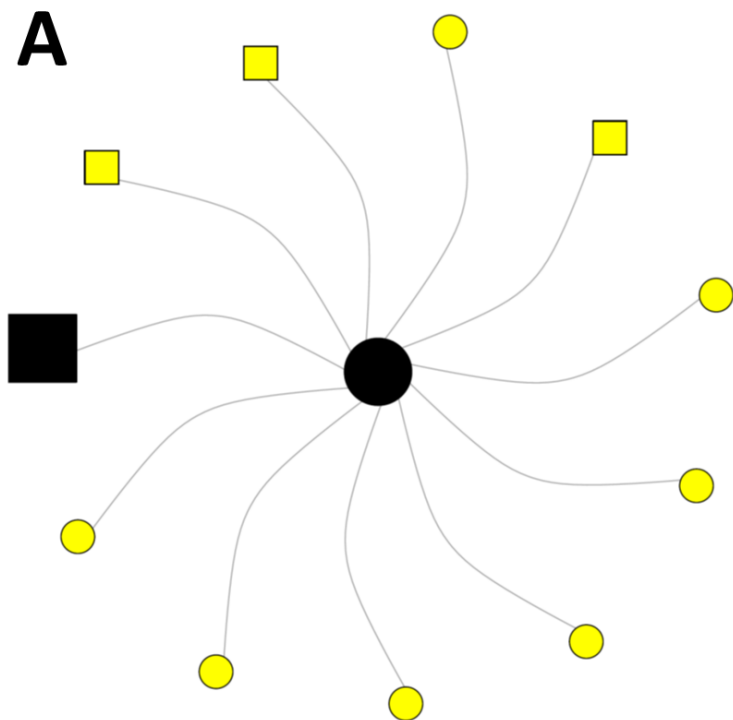
Propiedad intelectual, leyes y ITPFRFA

Privatización, tecnologías invasivas, y normas fitosanitarias

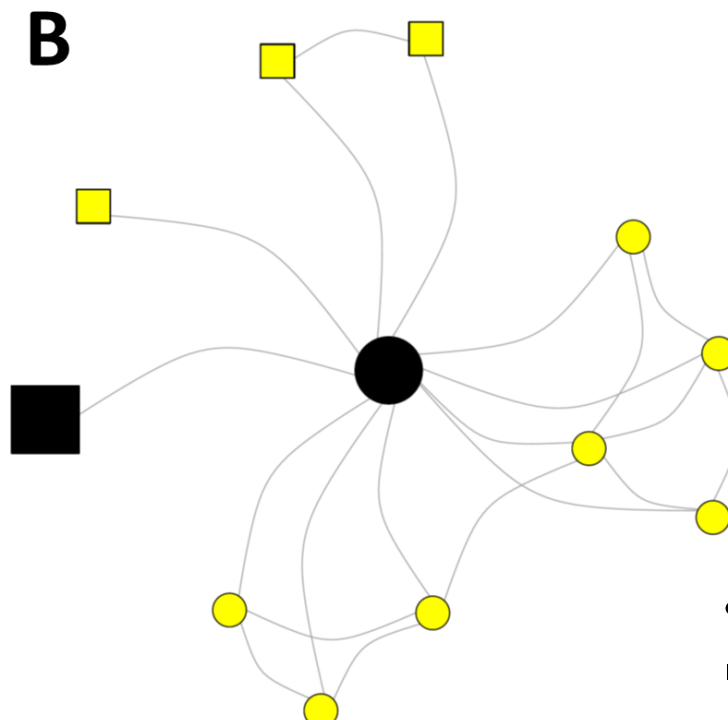
Enfermedades emergentes y cambio climático

Trees escenarios potenciales para las redes de mejoramiento de cultivos

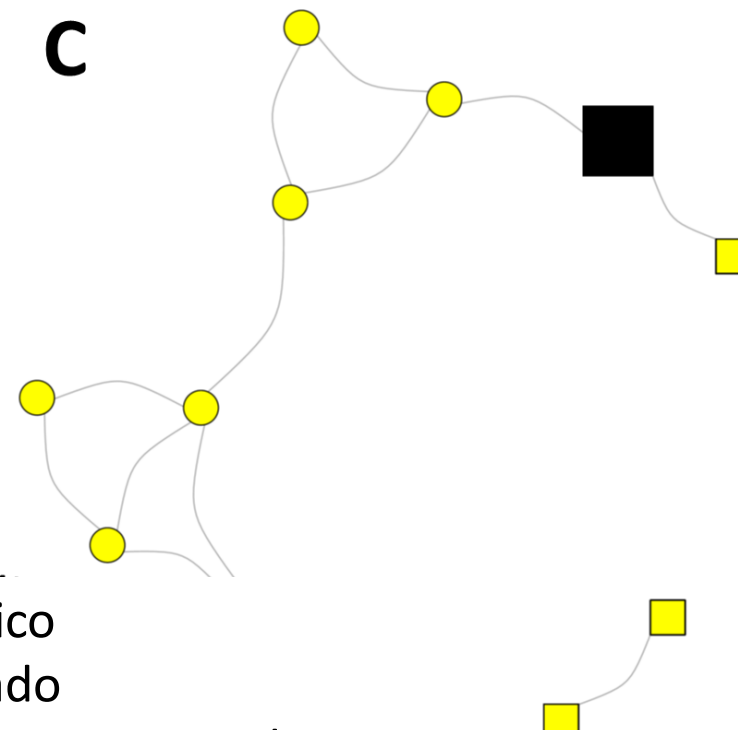
A



B

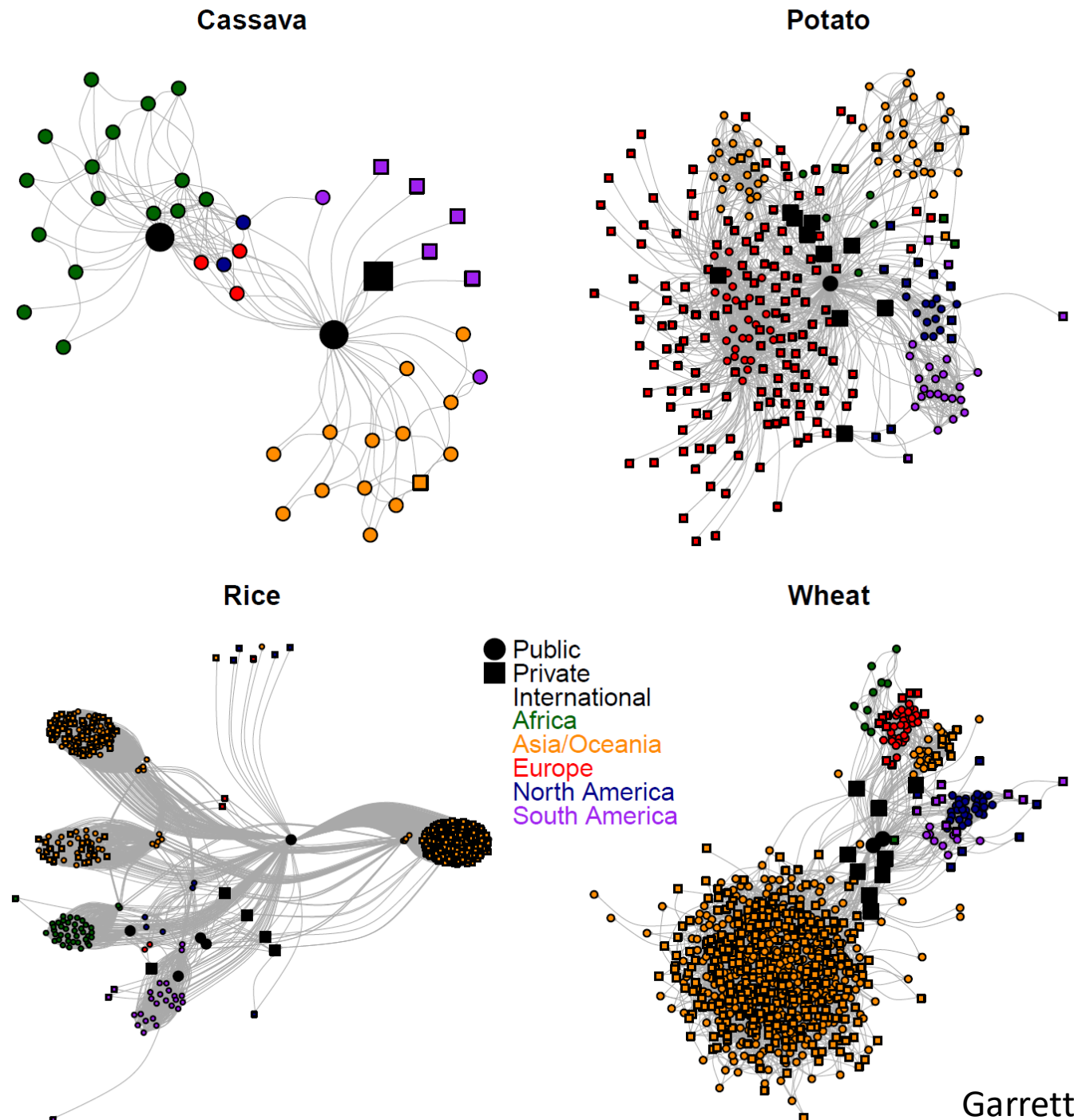


C



- Publico
 - Privado
- Negro: Internacional
Amarillo: Regional

¿Pueden las redes de mejoramiento de cultivos globales adaptarse a los retos de las enfermedades emergentes debido al cambio climático?



FOOD SECURITY

A global surveillance system for crop diseases

Global preparedness minimizes the risk to food supplies

By **M. Carvajal-Yepes,¹ K. Cardwell,² A. Nelson,³ K. A. Garrett,⁴ B. Giovani,⁵ D. G. O. Saunders,⁶ S. Kamoun,⁷ J. P. Legg,⁸ V. Verdier,⁹ J. Lessel,¹⁰ R. A. Neher,¹¹ R. Day,¹² P. Pardey,¹³ M. L. Gullino,¹⁴ A. R. Records,¹⁵ B. Bextine,¹⁶ J. E. Leach,¹⁷ S. Staiger,¹ J. Tohme¹**

oping and maintaining surveillance systems with well-established network labs for diagnosis and promoting norms for sharing data and information during outbreaks (5). In a similar spirit, with the United Nations General Assembly having proclaimed 2020 as the International Year of Plant Health to increase awareness among the public and

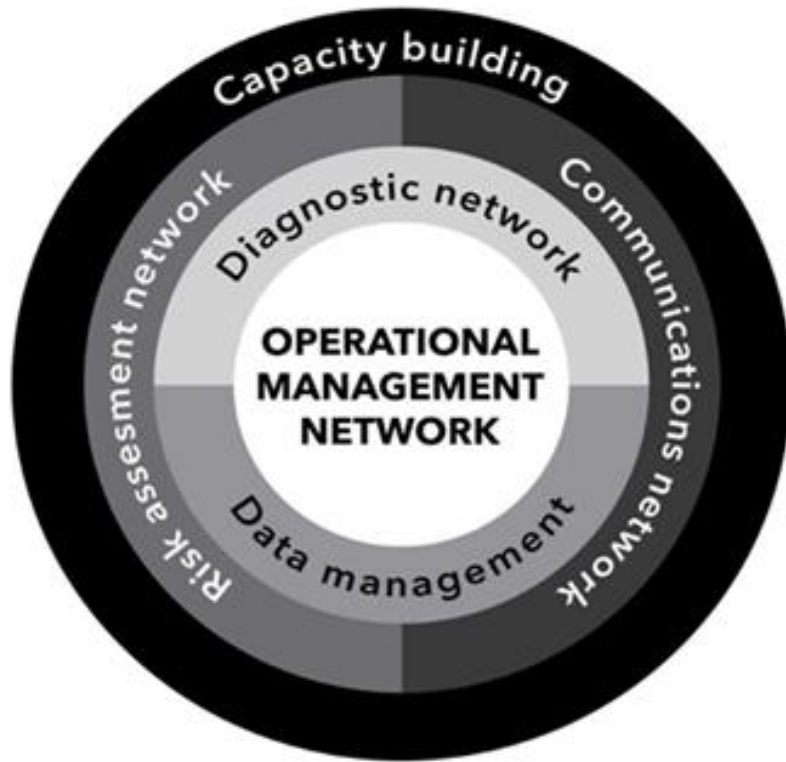
fectively screened; thus, actual movement of potential biological invasive species through official entry points is barely constrained (8).

General or passive surveillance is aimed at detecting and diagnosing all pests and crop diseases, not just those that are regulated. Passive surveillance personnel either spot diseases during field surveys or re-

¹International Center of Tropical Agriculture, Cali, Colombia. ²Oklahoma State University, Stillwater, OK, USA. ³Department of Natural Resources, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente, Enschede, Netherlands. ⁴University of Florida, Gainesville, FL, USA. ⁵European and Mediterranean Plant Protection Organization–Euphresco, Paris, France. ⁶John Innes Centre, Norwich, UK. ⁷The Sainsbury Laboratory, University of East Anglia, Norwich, UK. ⁸International Institute of Tropical Agriculture, Dar es Salaam, Tanzania. ⁹French National Research Institute for Sustainable Development (IRD), CIRAD, University of Montpellier, Interactions Plantes Microorganismes Environnement, Montpellier, France. ¹⁰Gro Intelligence, New York, NY, USA. ¹¹University of Basel, Basel, Switzerland. ¹²Centre for Agriculture and Biosciences International, Wallingford, UK. ¹³University of Minnesota, Minneapolis, MN, USA. ¹⁴Torino University, Torino, Italy. ¹⁵United States Agency for International Development, Washington, DC, USA. ¹⁶University of Texas, Austin, TX, USA. ¹⁷Colorado State University, Fort Collins, CO, USA. Email: m.carvajal@cgiar.org; j.tohme@cgiar.org

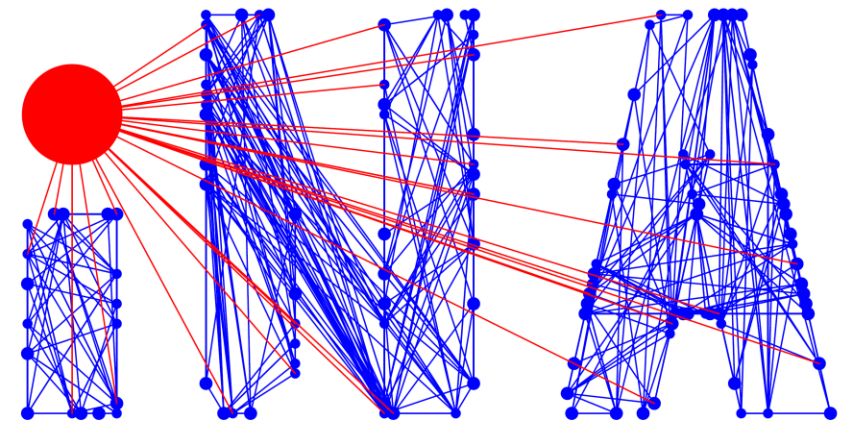
OPORTUNIDADES PARA COLABORACIÓN MULTINACIONAL

5 REDES INTERCONECTADAS



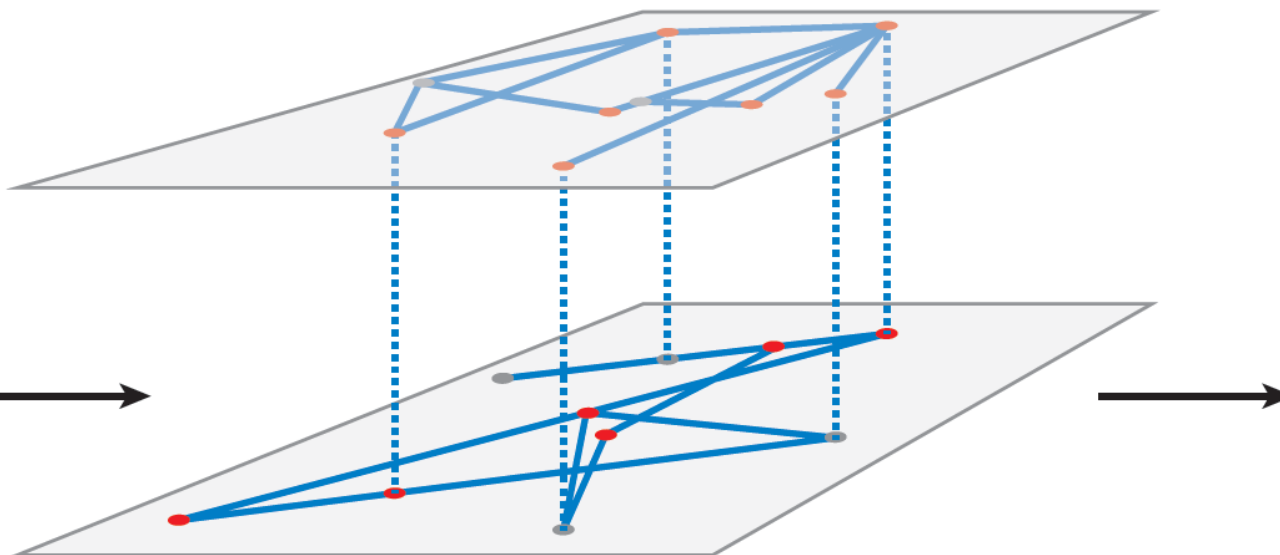
- Laboratorio de diagnósticos
- Equipos para el modelado de riesgos de patógenos
- Estandarización de datos y manejo de patógenos por especialistas
- Expertos en comunicaciones
- Un diseño de operacional para la distribución de manejo de patógenos

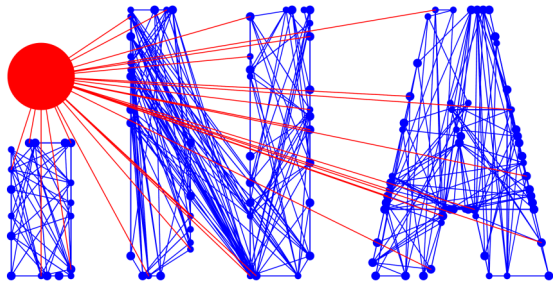
Análisis de Impacto de Redes (INA)



- Nuestro laboratorio está desarrollando el método INA como una plataforma general para la evaluación de estrategias de manejo (como mejoramiento de cultivos, sistemas de semillas, y de manejo integrado de enfermedades y pestes a escala regional)
- El impacto **DE** productos de investigación como: entrenamiento/información, resistencia a patógenos, y producción de tecnologías para producir semillas libres de patógenos.
- El impacto **DE** procesos ecológicos espaciales, como genes y genotipos, dispersión e invasión de patógenos, así como de los servicios ecológicos
- El impacto **A TRÁVES** de las redes de comunicación y la toma de decisiones, y su conexión con la red biofísica.

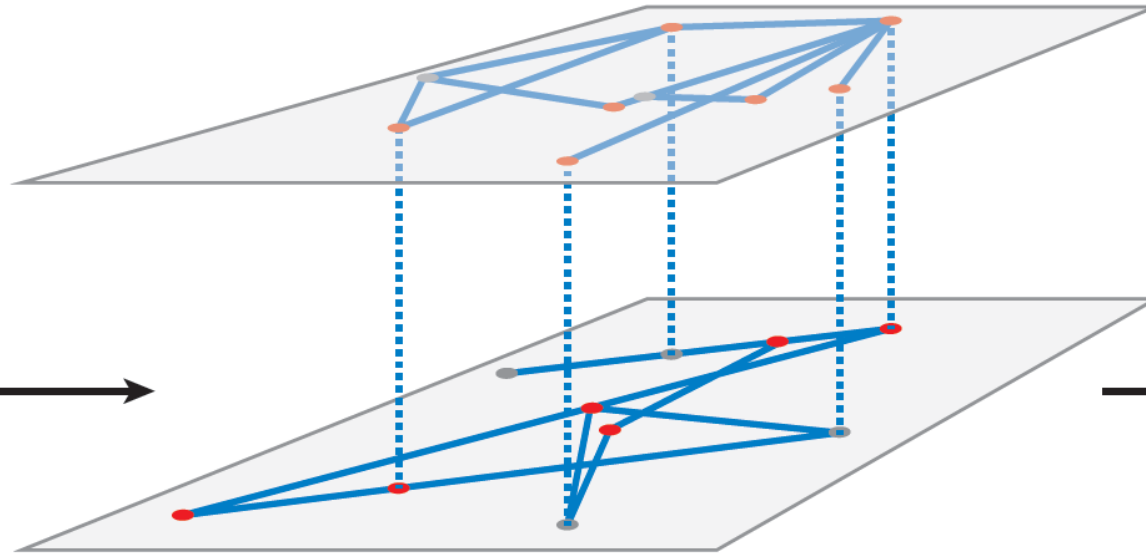
Manejo de tecnologías
que estás disponibles
para ser adaptadas





Paquete in R

Red Socioeconómica
Intercambio de ideas y recursos
qué influyen las decisiones de la
adopción de estrategias de manejo



Manejo de tecnologías
que están disponibles
para ser adaptadas

Resultado:
Productividad, ganancia,
Resiliencia del sistema,
etc..

Red biofísica
Movimiento de plantas,
patógenos, y vectores,
influenciado el establecimiento
de plagas debido al manejo

Red socioeconómica

Time 1

Red biofísica

Tiempo 2

Tiempo 3

- Adopción de manejo
- Establecimiento de patógenos

El Sistema de Redes a través del tiempo

- Individuos en la red socioeconómica pueden influenciar que sucede a nivel local en la red biofísica
- Por ejemplo:
 - **Agricultores** que toman decisiones sobre estrategias de manejo en la red socioeconómica (p. ej. Si compran semillas libres de patógenos) influenciados por otros agricultores o los precios de la semilla
- Esta decisión influencia la probabilidad de que **la enfermedad se disperse** en la red biofísica

Redes Ecológicas en Almacenamiento de Semillas: Nodos Claves Postcosecha para Enfermedades Emergentes, Patógenos y Micotoxinas

JOHN F. HERNANDEZ NOPSA, GREGORY J. DAGLISH, DAVID W. HAGSTRUM, JOHN F. LESLIE, THOMAS W. PHILLIPS, CATERINA SCOGGIO, SARA THOMAS-SHARMA, GIMME H. WALTER, AND KAREN A. GARRETT



John Hernandez Nopsa



BioScience

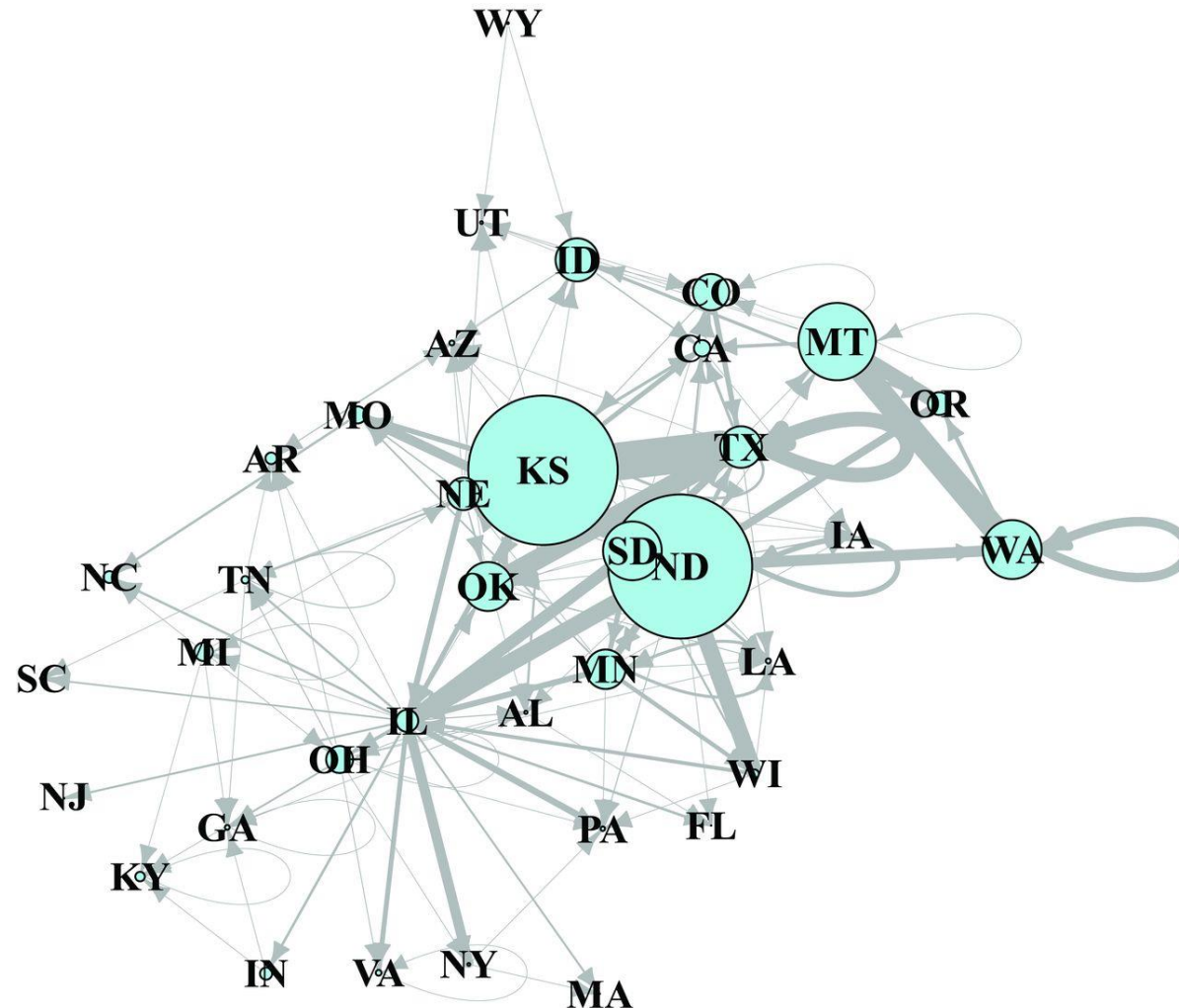


2015 [[open access link](#)]

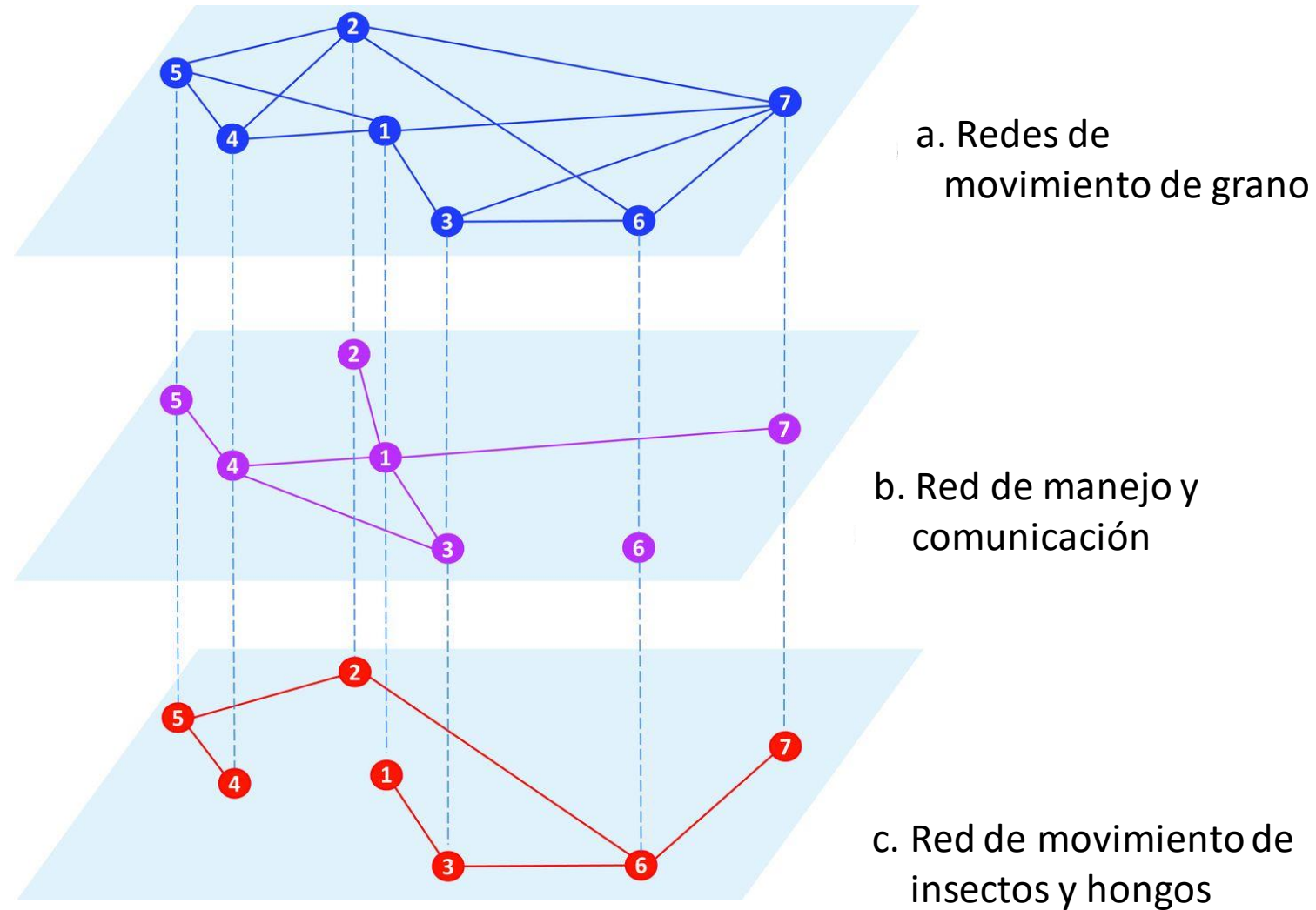


An Australian Government Initiative

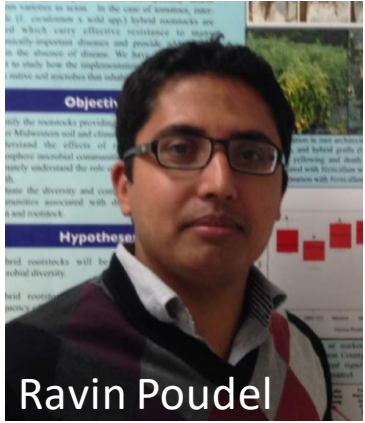
Movimiento por tren de grano de trigo en Los Estados Unidos 2006-2010



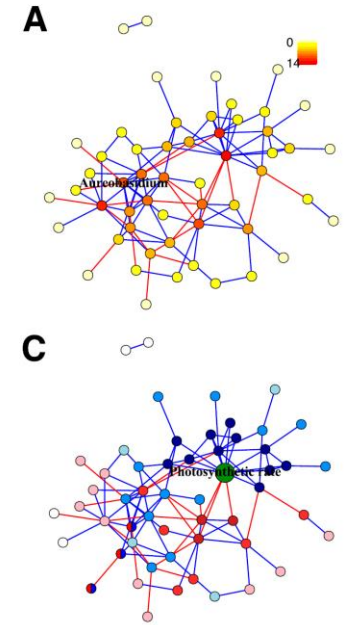
Red de múltiples capas en grano de trigo almacenado



John F. Hernandez Nopsa et al. *BioScience*
2015;biosci.biv122



Análisis de sistemas de microbiomas puede utilizar secuenciación de alto-rendimiento para informar y potencializar estrategias de aplicación de microbiomas, y entender la respuesta de comunidades microbianas al ambiente



Microbiome Networks: A Systems Framework for Identifying Candidate Microbial Assemblages for Disease Management

R. Poudel, A. Jumpponen, D. C. Schlatter, T. C. Paulitz, B. B. McSpadden Gardener, L. L. Kinkel, and K. A. Garrett

Phytopathology 2016 [[open access link](#)]

Connectivity of the American Agricultural Landscape: Assessing the National Risk of Crop Pest and Disease Spread

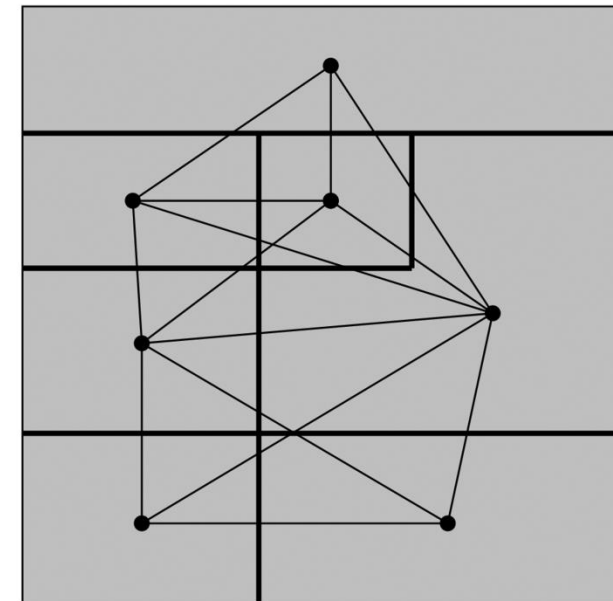


Peg Margosian

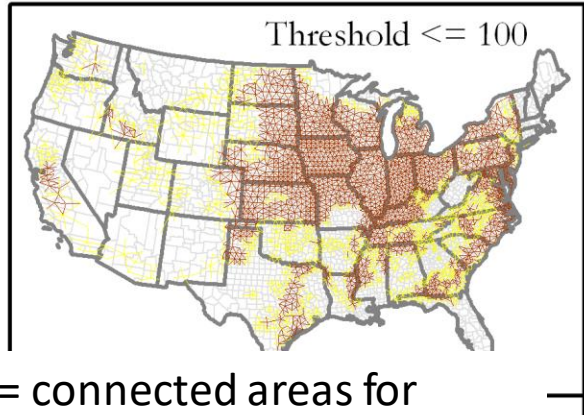
MARGARET L. MARGOSIAN, KAREN A. GARRETT, J. M. SHAWN HUTCHINSON, AND KIMBERLY A. WITH [\[open access link\]](#)

February 2009 / Vol. 59 No. 2 • BioScience 141

Nodes: US counties
Links: measures of likelihood of pathogen movement based on host availability



Maize



Red = connected areas for
pathogens that require **at least**
low maize density to spread

Red = connected areas for
pathogens that require **high**
maize density to spread

CROPLAND CONNECTIVITY:

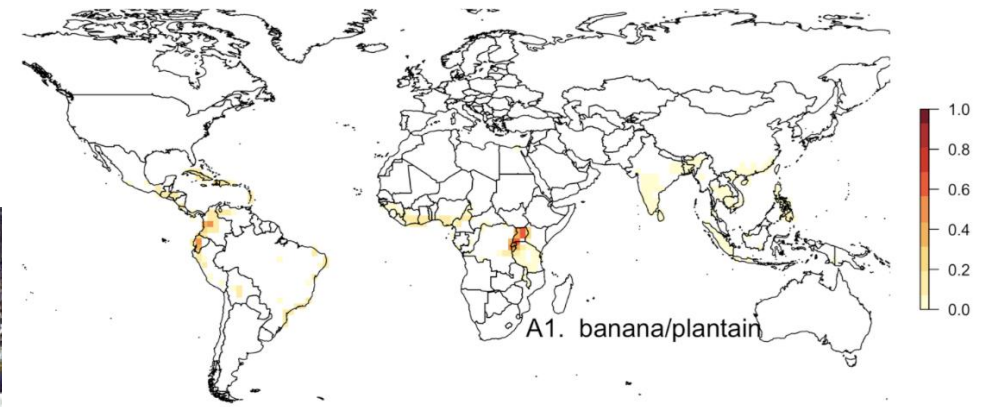
CONECTIVIDAD DE LOS CAMPOS AGRÍCOLAS

- La extensión de los campos agrícolas influyen la conectividad de los patógenos y plagas.
- Entender la estructura de como se asociación los campos agrícolas
- Evaluar el riesgo de la transmisibilidad de los patógenos a través

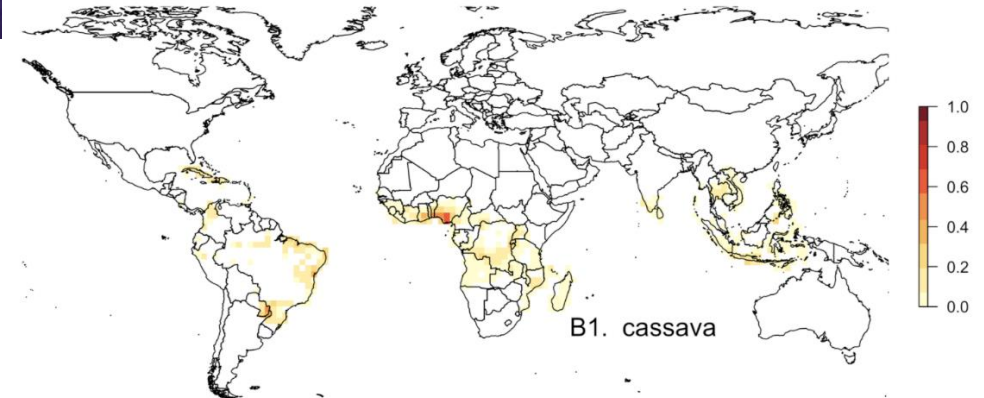


Yanru Xing

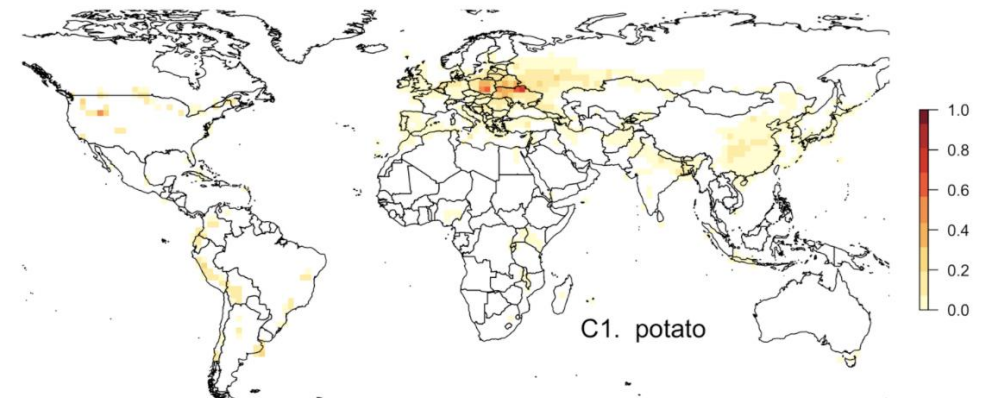
Mean cropland connectivity risk index from sensitivity analysis



A1. banana/plantain



B1. cassava



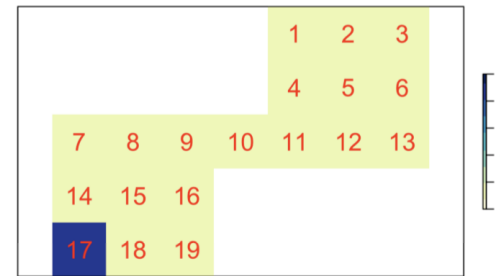
C1. potato

CONECTIVIDAD DE LOS CAMPOS AGRÍCOLAS

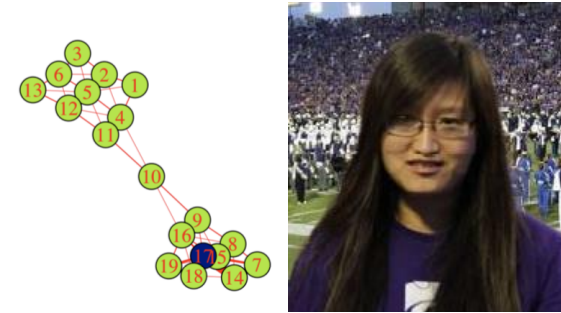
La estructura de los campos agrícolas es analizada utilizando análisis de redes, dónde la existencia de un *'link'* o conexión entre dos ubicaciones geográficas es determinada por un modelo de gravedad, en función de la distancia entre cada uno de los pares: ubicación y cosecha.

Las **zonas de alta densidad de 'conexiones'** y **zonas de interface** son recomendables para **monitoreo de patógenos y pestes**, y el manejo integrado.

A. Map of cropland density

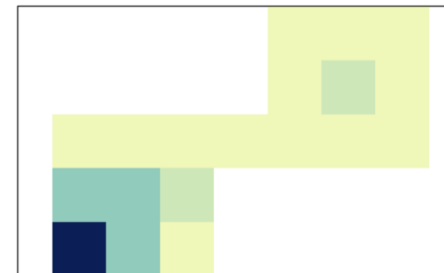


B. Network of cropland connectivity

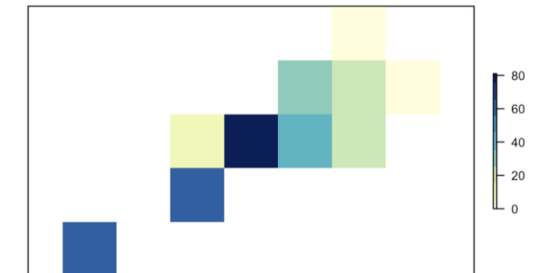


Yanru Xing

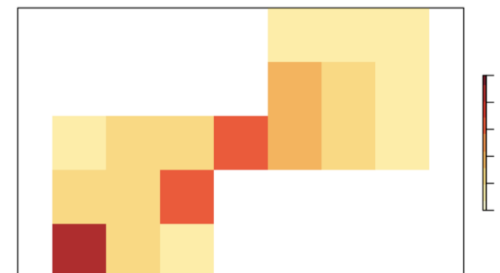
D. Map of node strength



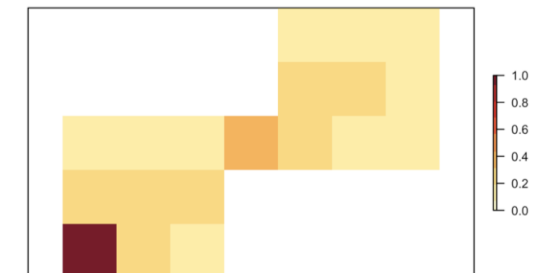
E. Map of betweenness centrality



G. Map of CCRI

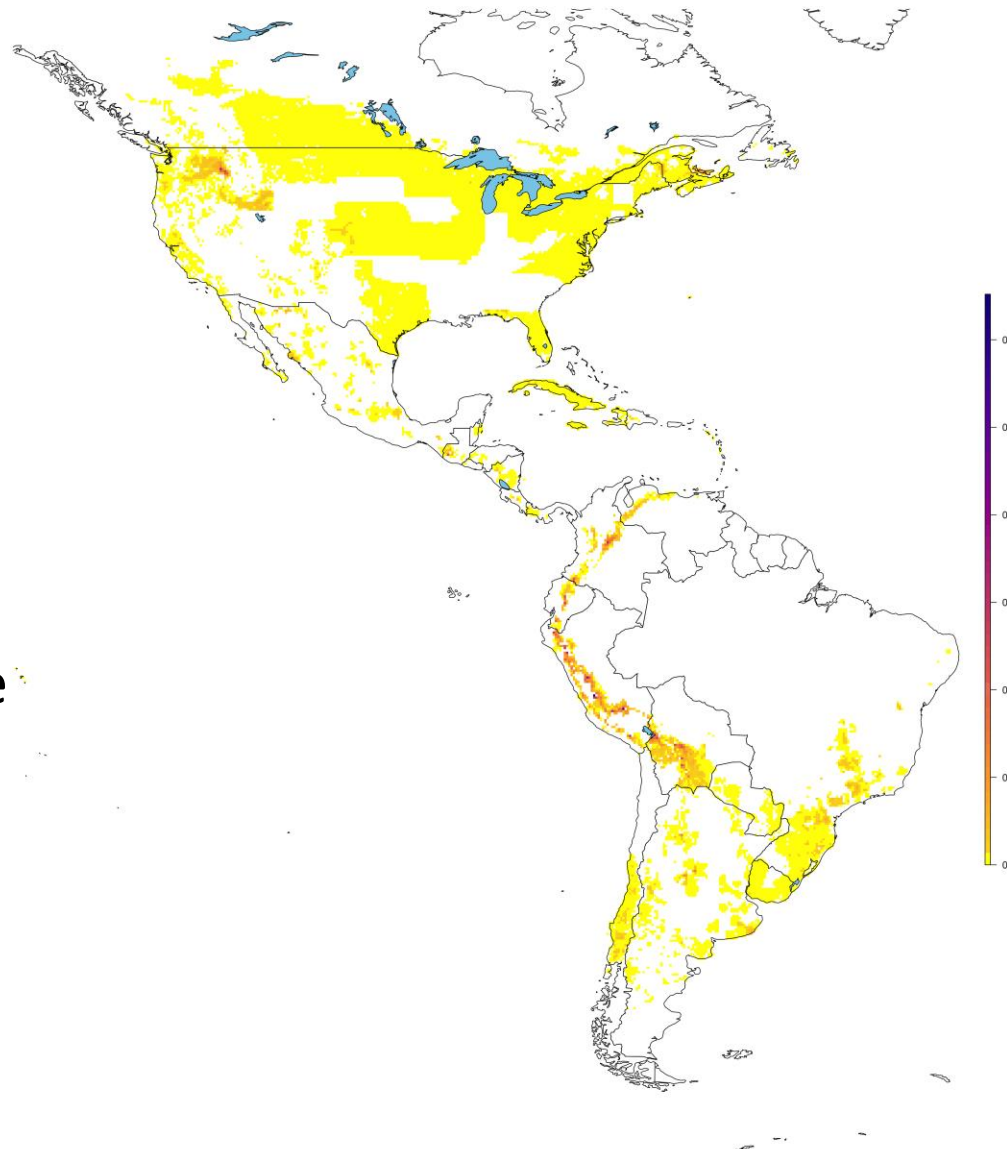


H. Map of mean CCRI

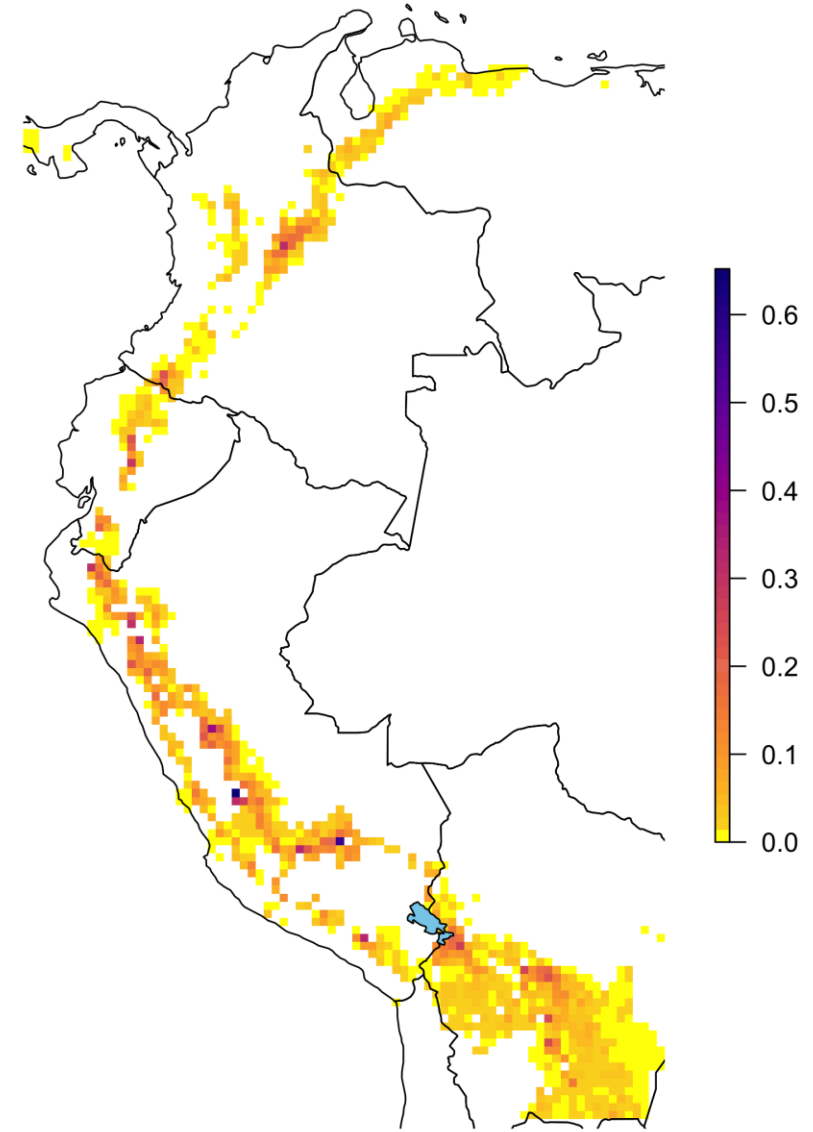
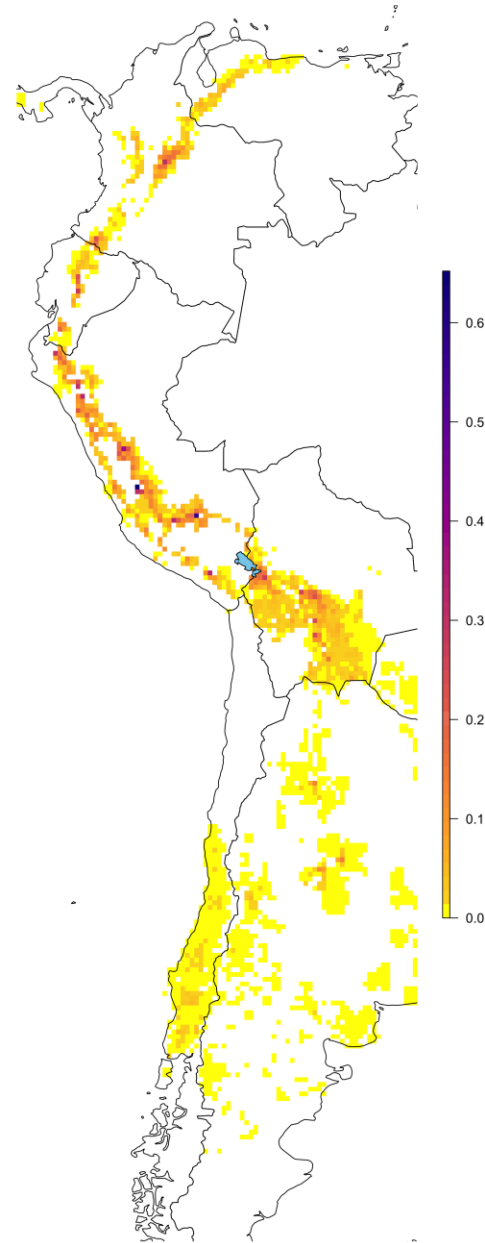


CONECTIVIDAD DE LOS CAMPOS AGRÍCOLAS: PAPA

La papa es solo uno de los huéspedes, pero es particularmente importante



CONECTIVIDAD DE LOS CAMPOS AGRÍCOLAS: PAPA





Sweta
Sutrave

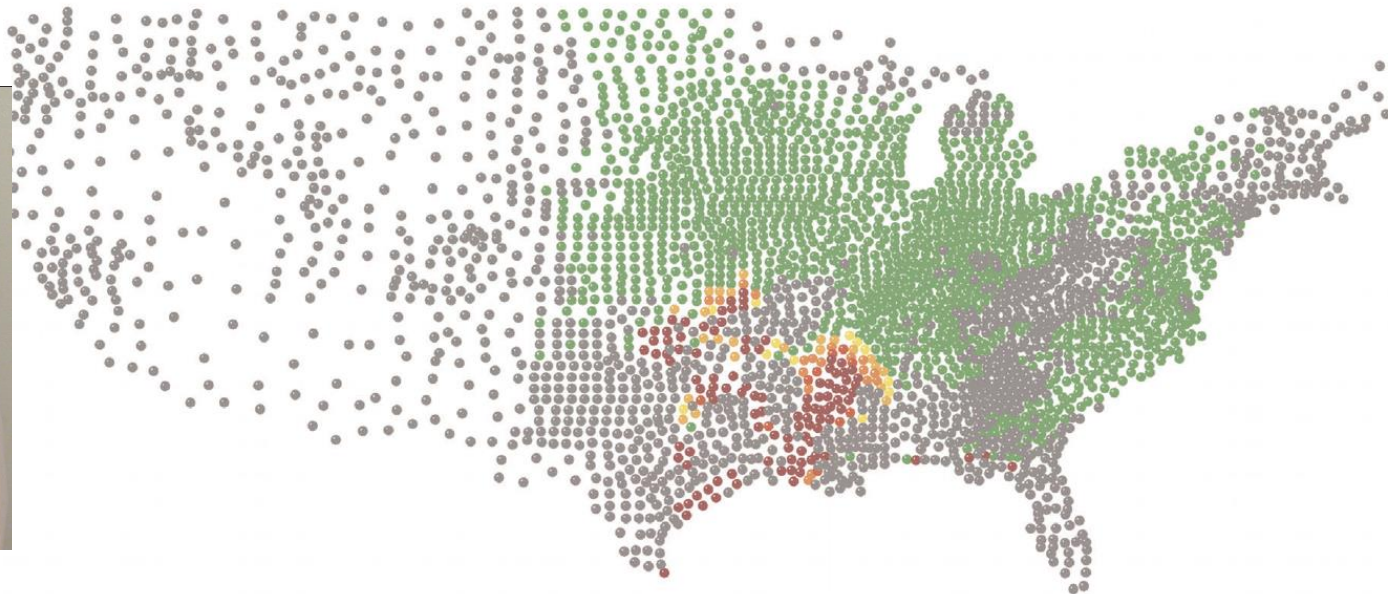


Figure 2. Prediction for soybean rust infection in the United States in September 2007 based on 2007 observations through August. Dark red nodes represent counties which were predicted to be infected with high probability, green nodes represent counties which were predicted to be uninfected with negligible probability of infection, and all other shades from green to dark red represent increasing probability of infection.

Identifying Highly Connected Counties Compensates for Resource Limitations when Evaluating National Spread of an Invasive Pathogen

Sweta Sutrave^{1,2}, Caterina Scoglio², Scott A. Isard³, J. M. Shawn Hutchinson⁴, Karen A. Garrett^{1*}

[\[open access link\]](#)

2012



Análisis de redes epidemiológicas para la mitigación de patógenos invasivos en sisemas de semillas: En papa en Ecuador



Phytopathology 2017

C. E. Buddenhagen*, J. F. Hernandez Nopsa*, K. F. Andersen, J. Andrade-Piedra, G. A. Forbes, P. Kromann, S. Thomas-Sharma, P. Useche, K. A. Garrett

[\[open access link\]](#)



RESEARCH
PROGRAM ON
Roots, Tubers
and Bananas



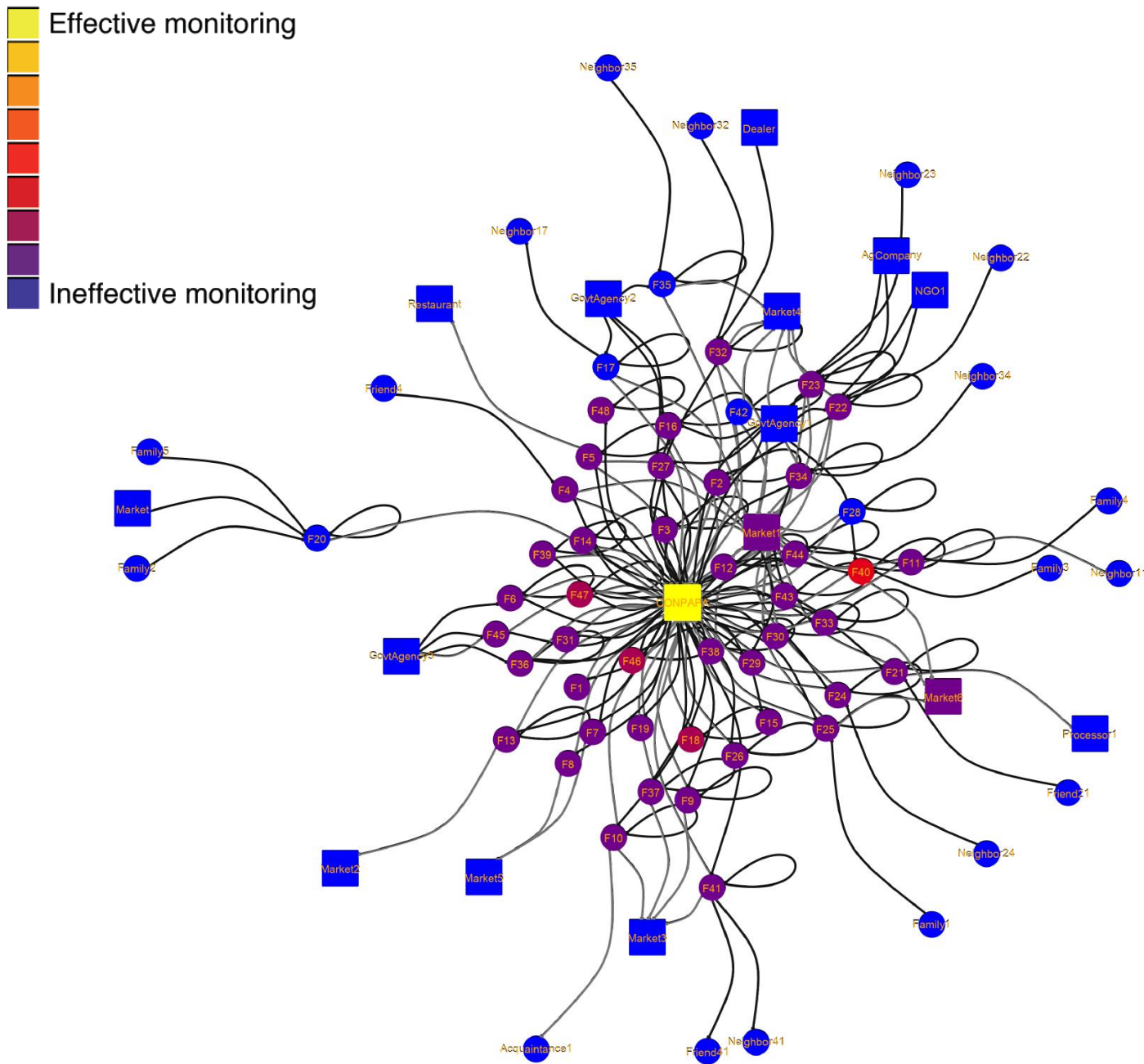
UF | IFAS
UNIVERSITY of FLORIDA



Producción de papa en la provincia de Tungurahua, Ecuador

Photos: J Hernandez Nopsa

En este análisis, contamos con datos de las **transacciones de papa** y del **origen de la información** del Manejo Integral de Patógenos (IPM)



Análisis de diferentes
escenarios indicando cuán
efectivo sería el monitoreo
por cada '*nodo*' en la
dispersión del patógeno por
ubicación en la red y los
sistemas de información del
MPI

Buddenhagen, Hernandez Nopsa, et al. 2017

Analytical and Theoretical Plant Pathology

Modelando Epidemias en Sistemas de Semillas en Campos Agrícolas para Influir en las Estrategias de Manejo: Un Caso de Estudio en Camote en el Norte de Uganda

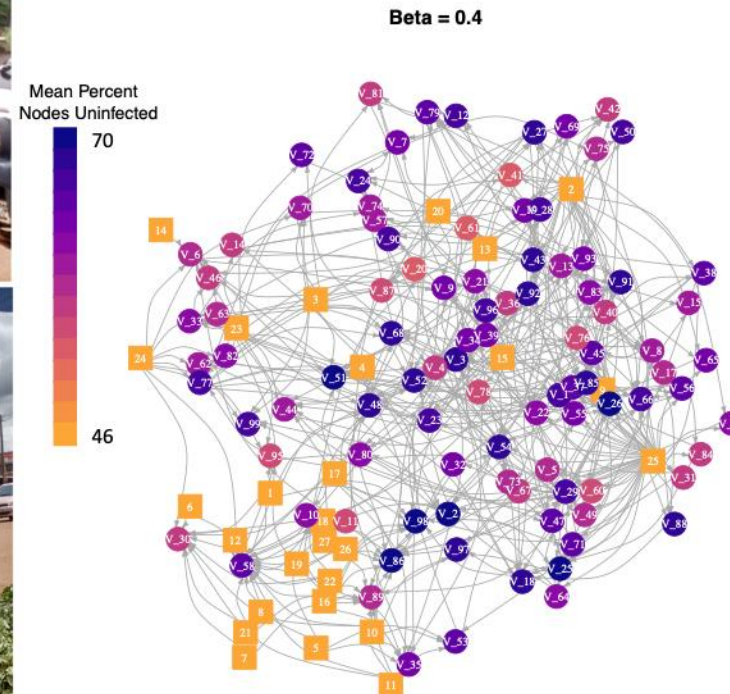
K. F. Andersen,^{1,2,3,†} C. E. Buddenhagen,^{1,2,3} P. Rachkara,⁴ R. Gibson,⁵ S. Kalule,⁴ D. Phillips,⁵ and K. A. Garrett^{1,2,3,†}



Kelsey Andersen



A



Análisis de redes para la evaluación de las siguientes preguntas en experimentos de simulación

1. ¿Cuál es la ubicación optima para el monitoreo de enfermedades en los nodos de la red, dado que cada nodo tiene la misma probabilidad de introducción de la enfermedad?
2. ¿Cómo cambia el progreso de la epidemia respecto a la posición en que inicia en la enfermedad en la red?
3. ¿Cuál es el cambio en la dispersión de la enfermedad con la implementación de cuarentena?
4. ¿Cómo las estadísticas de la red se compara con la selección de las locaciones para cuarentena?

Andersen et al 2019

Cassava planting material is transported in large volumes across national borders

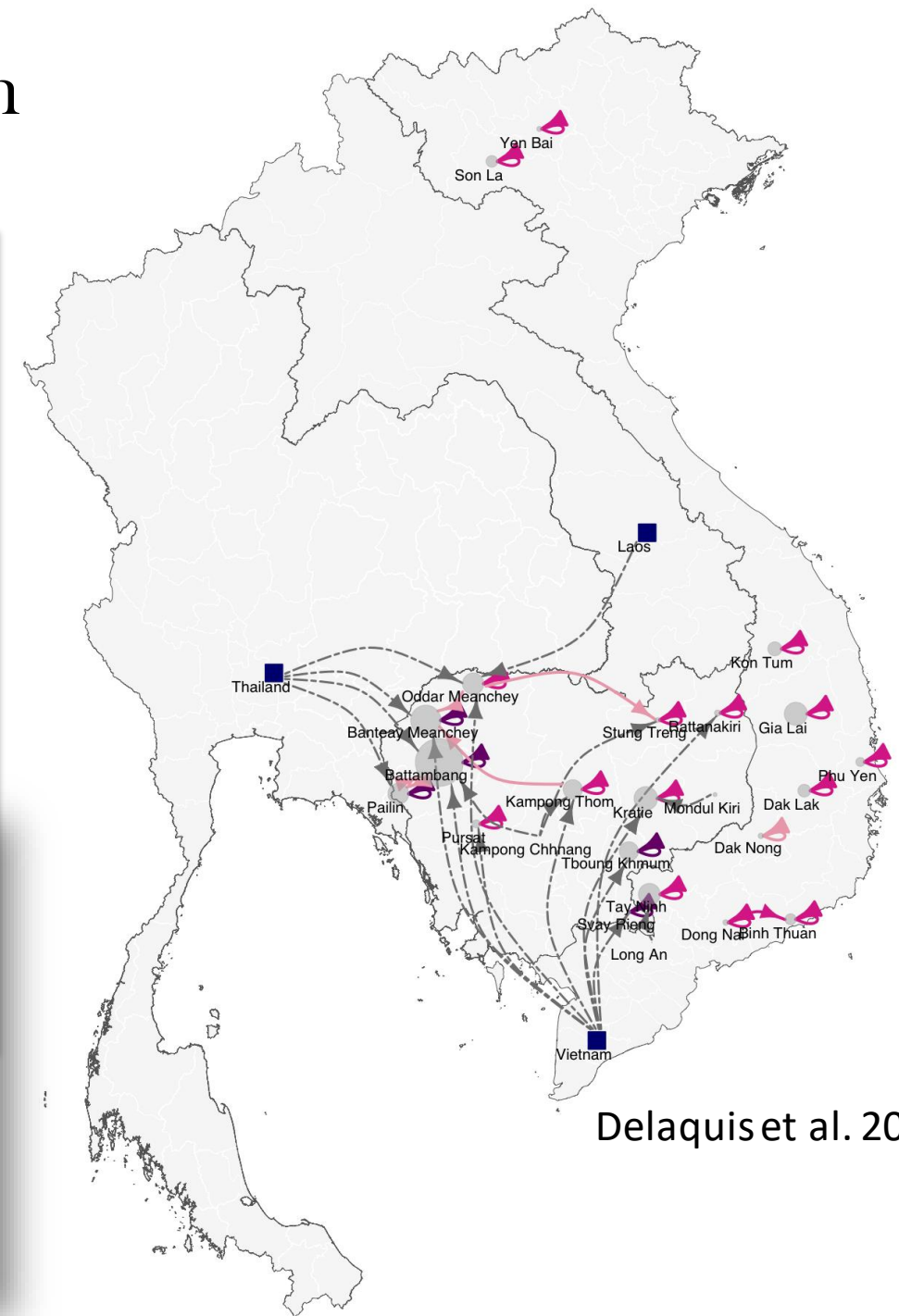


Raising the Stakes: Cassava Seed Networks at Multiple Scales in Cambodia and Vietnam

Erik Delaquis¹, Kelsey F. Andersen², Nami Minato¹, Thuy Thi Le Cu¹, Maria Eleanor Karssenberg³, Sophearith Sok¹, Kris A. G. Wyckhuys^{4,5,6}, Jonathan C. Newby¹, Dharani Dhar Burra¹, Pao Srean⁷, Iv Phirun⁸, Niem Duc Le⁹, Nhan Thi Pham¹⁰, Karen A. Garrett², Conny J. M. Almekinders³, Paul C. Struik¹¹ and Stef de Haan^{1*}

⁶Institute of Plant Protection, China Academy of Tobacco Processing, University of Battambang, Agriculture, Phnom Penh, Cambodia.

OPEN ACCESS



Delaquis et al. 2018

Climate change may have limited effect on global risk of potato late blight

ADAM H. SPARKS^{1,2}, GREGORY A. FORBES³, ROBERT J. HIJMANS⁴ and KAREN A. GARRETT¹



Adam Sparks

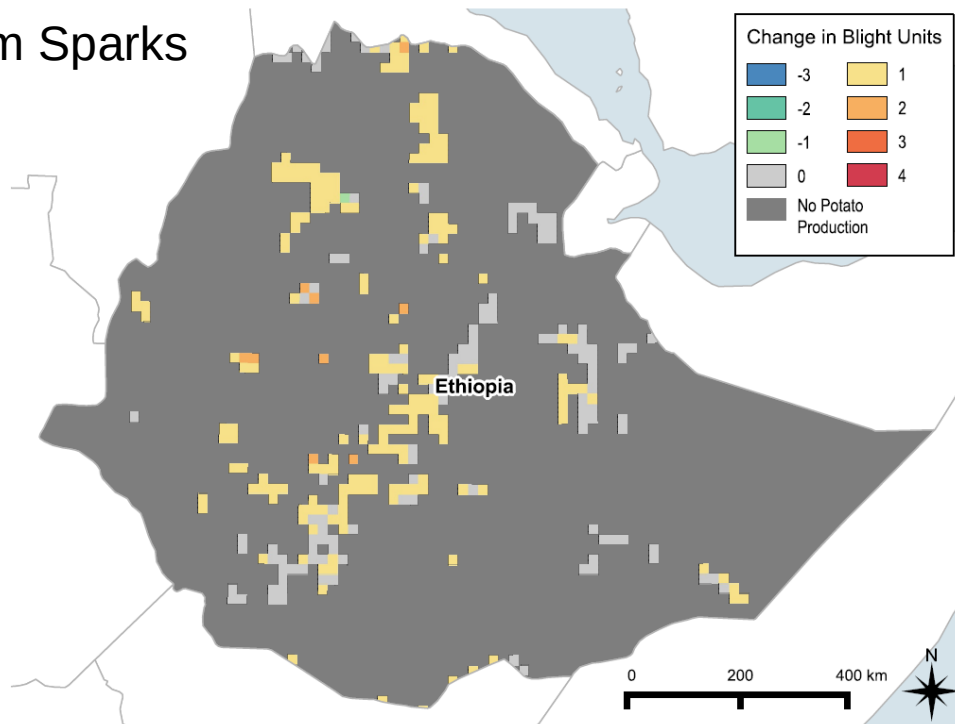


Figure 7: The change in potato late blight relative risk for the Ethiopian Highlands as predicted by SimCastMeta model using historic climate normal, 1961-1990 (1975 time slice) and 2040-2059 (2050 time slice) A2 climate scenario for a susceptible potato genotype. IPCC A2 time-slices are ensemble model averages of three global climate models. Blight units are a predictor of biological risk based on weather and potato genotypic resistance.

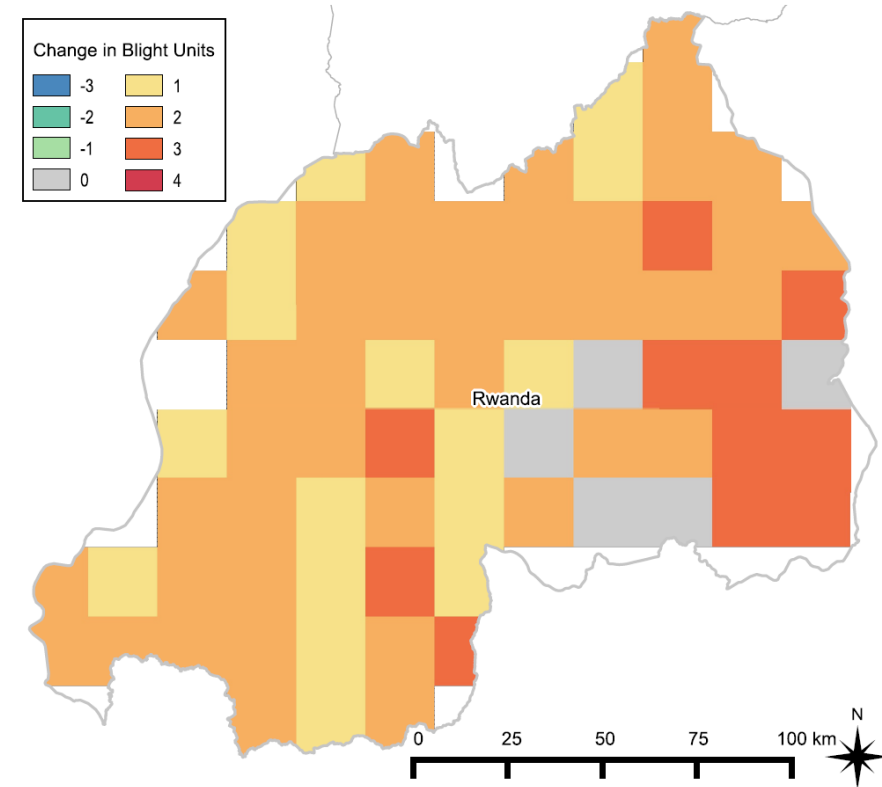


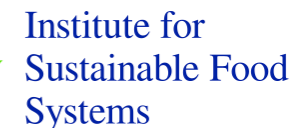
Figure 8: The change in potato late blight relative risk for the Lake Kivu highlands region and Rwanda as predicted by SimCastMeta model using historic climate normal, 1961-1990 (1975 time slice) and 2040-2059 (2050 time slice) A2 climate scenario for a susceptible potato genotype. IPCC A2 time-slices are ensemble model averages of three global climate models. Blight units are a predictor of biological risk based on weather and potato genotypic resistance.

Análisis de datos masivos para soluciones útiles para agricultores pequeños en el Sureste Asiático: Aplicaciones de ‘machine learning’ para el monitoreo en tiempo real para la enfermedad del mosaico de la yuca.



Kelsey Andersen

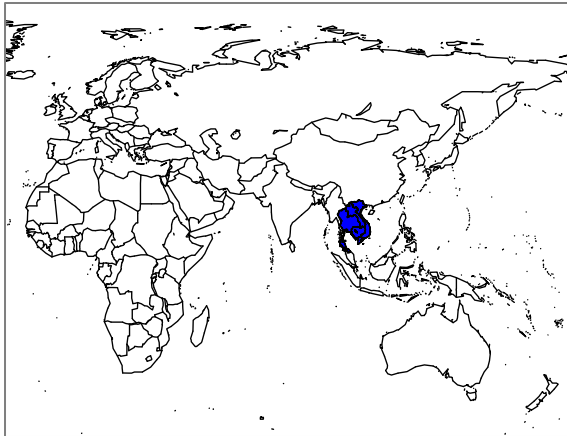
K. F. Andersen, E. Delaquis, S. de Haan, Cu Thi Le Thuy, N. Minato, J. Newby, J. P. Legg, W. Cuellar, and K. A. Garrett



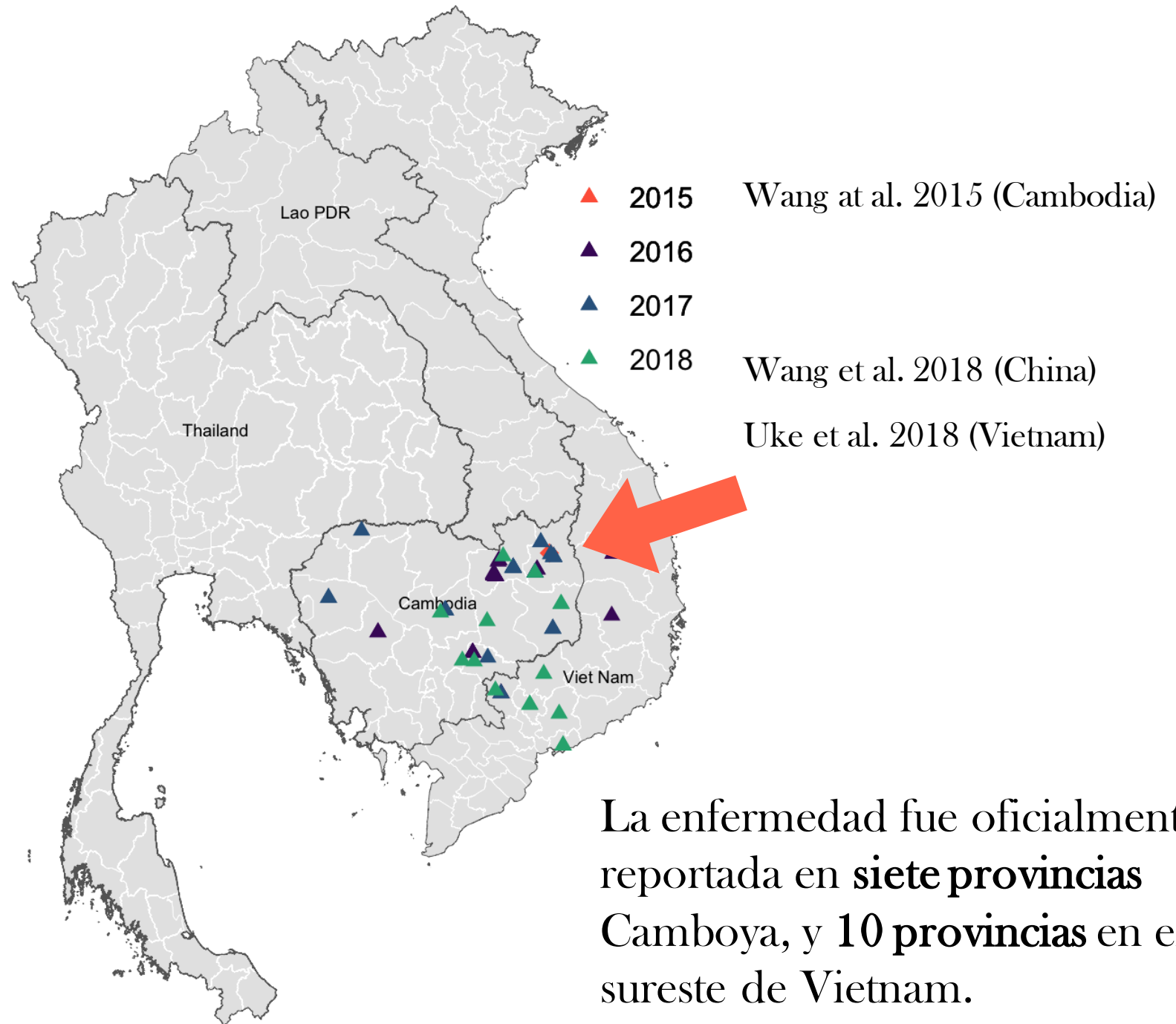
Objectives

- 1) Train a machine learning algorithm on previously collected CMD presence/absence data points from Cambodia and Vietnam on a broad range of environmental variables,
- 2) Evaluate CMD establishment risk in Cambodia, Vietnam, Thailand, Lao PDR and,
- 3) Use network analysis to couple the risks due to stake movement and risks due to the environment in a model of pathogen spread and establishment in the region.

En 2015, *Sri Lankan cassava mosaic virus* fue reportado en Camboya

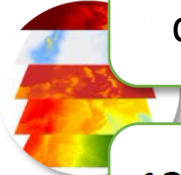


Andersen et al

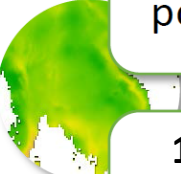


Modelos de 'Machine Learning' para CMD

Tuning Parameters



19 variables bioclimáticas obtenidas de WorldClim 2.0, anual y temporal



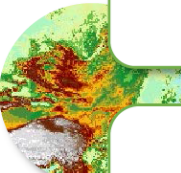
13 monthly weather variables from NASA power database- global satellite weather



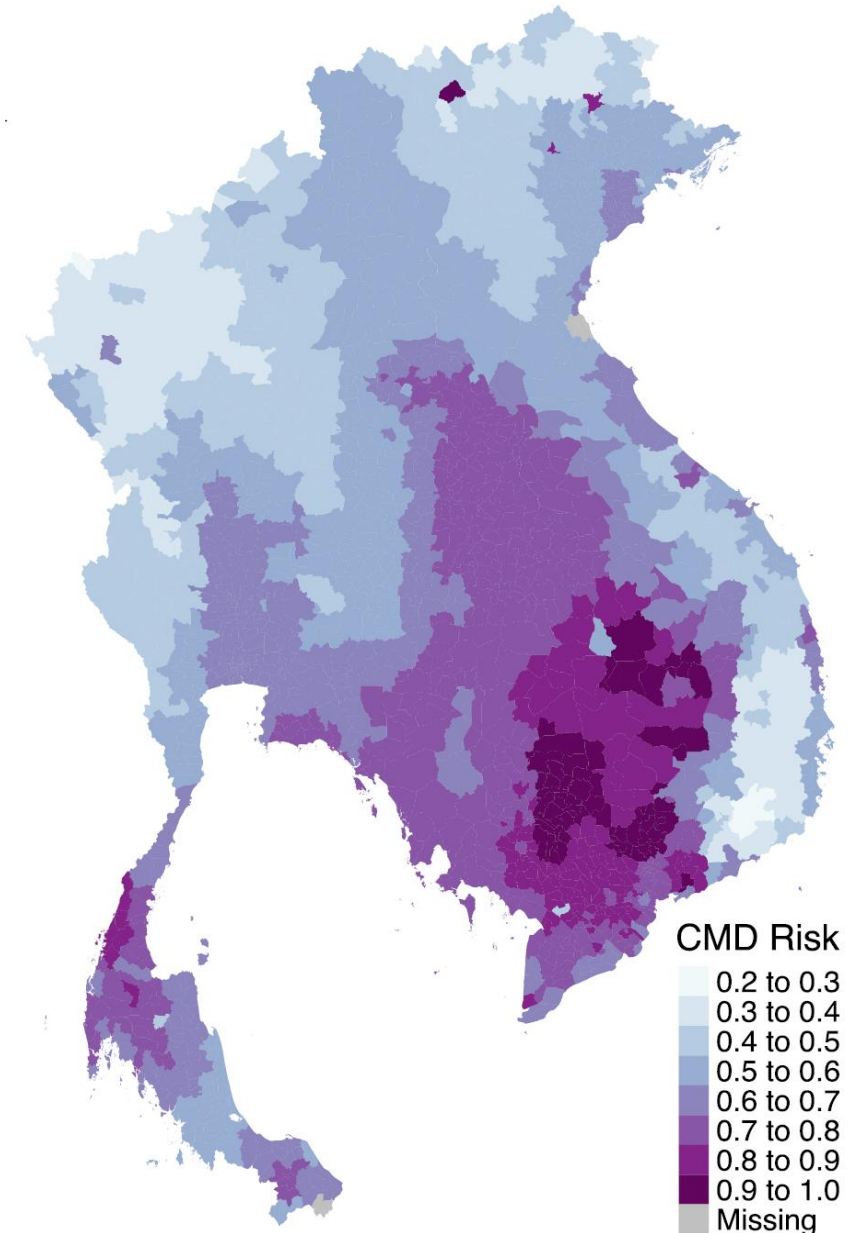
13 variables medioambientales satelitales mensuales obtenidas de la base de datos de la NASA



Altitud (m)- DEM

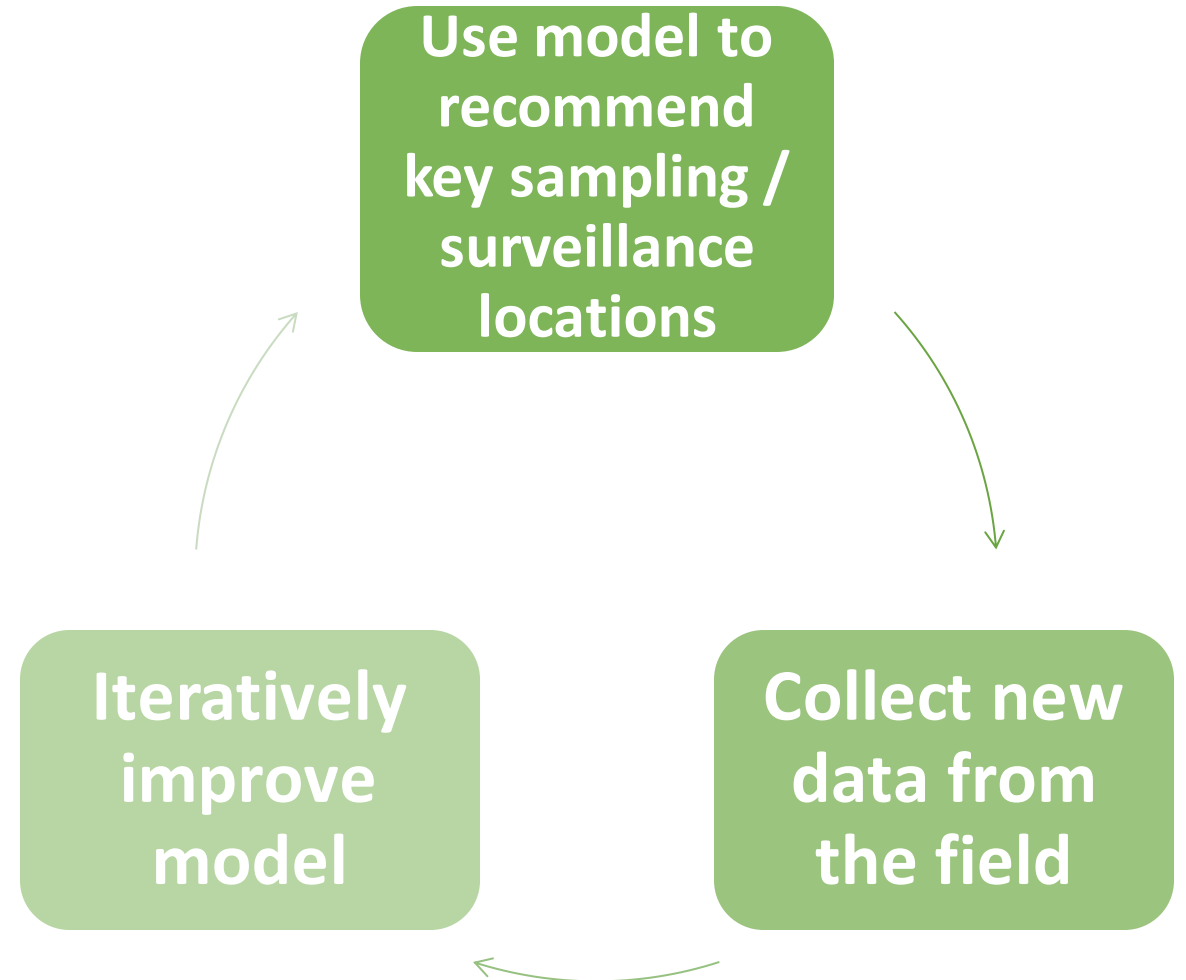


Producción de Yuca (HA) CIAT



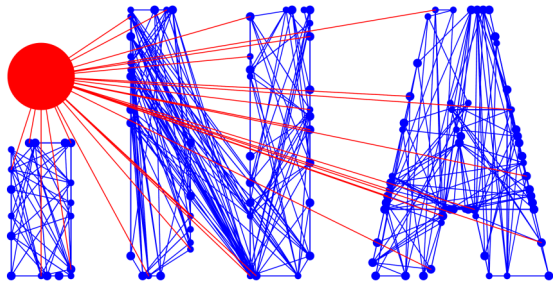
Next steps / mejoramiento del modelo

- Refine risk models with updated data, particularly for Lao PDR and Thailand
- Incorporate whitefly survey data into the model
- Use high risk regions to inform risk-based sampling and surveillance strategies conducted by CIAT and national ministries



Punta morada – evaluaciones de riesgo y estrategias

- Factores de riesgo incluyendo
 - Redes de semilla
 - Clima
 - Movimiento de vectores
- Simulación para entender la probabilidad de éxito de estrategias

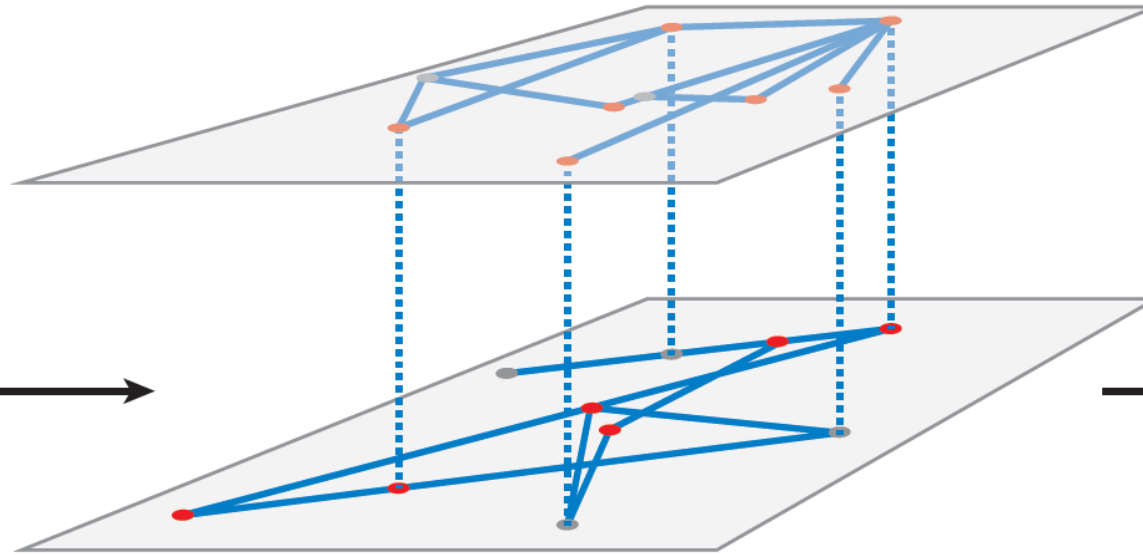


Red Socioeconómica

Intercambio de ideas y recursos
qué influyen las decisiones de la
adopción de estrategias de manejo

Paquete in R

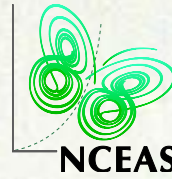
Manejo de tecnologías
que están disponibles
para ser adaptadas



Red biofísica

Movimiento de plantas,
patógenos, y vectores,
influenciado el establecimiento
de plagas debido al manejo

Resultado:
Productividad, ganancia,
Resiliencia del sistema,
etc..



karengarrett@ufl.edu
garrettlab.com

谢谢



RESEARCH
PROGRAM ON
Roots, Tubers
and Bananas

Thanks for your attention!
Thanks to all the collaborators on our projects



PLANT PATHOLOGY
UF/IFAS

UF | IFAS
UNIVERSITY of FLORIDA



Institute for
Sustainable Food
Systems

Thanks to our funders

Photo: Pete Garfinkel