



VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

BUAP® Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

CONFERENCIA MAGISTRAL

Aplicaciones informáticas para el diagnóstico y pronóstico de la resiliencia agrícola a eventos hidrometeorológicos y climáticos extremos

Francisco Muñoz Arriola, Ph.D.

¹Department of Biological Systems Engineering

²School of Natural Resources

³Robert B Daugherty Water for Food Global Institute

⁴Universidade do São Paulo (Profesor adjunto)

Fecha de presentación del 23 de Noviembre de 2022



UNIVERSITY OF
Nebraska
Lincoln®
Pioneering new frontiers.

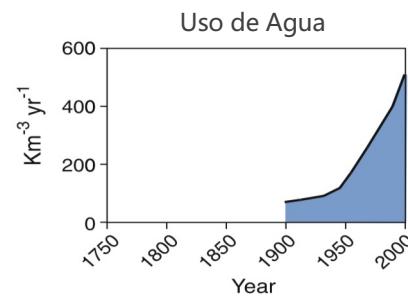
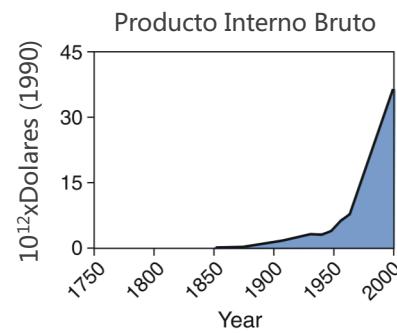
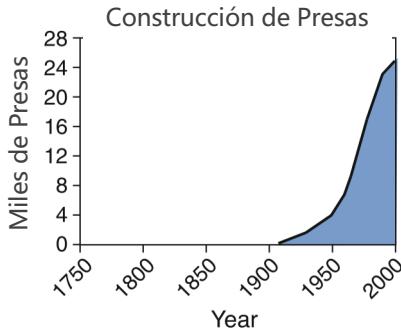
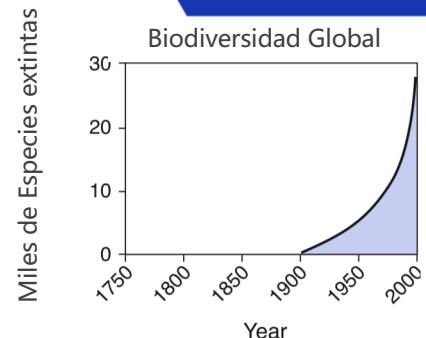
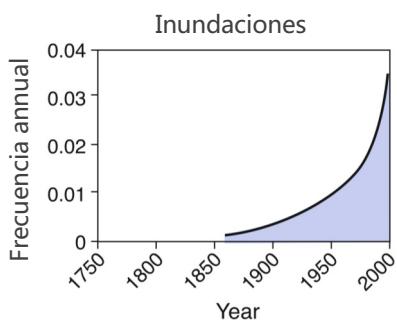
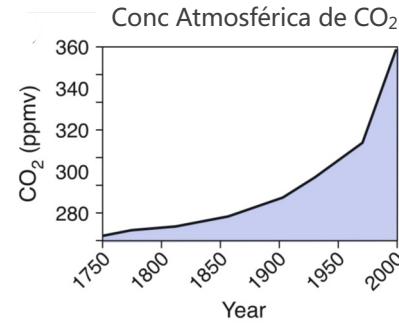
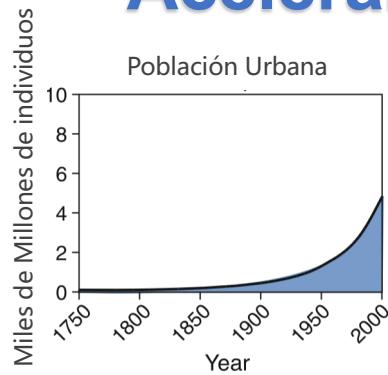


VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

BUAP® Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



Aceleramiento de la Industrialización



Steffen et al (2011)



BUAP® | Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



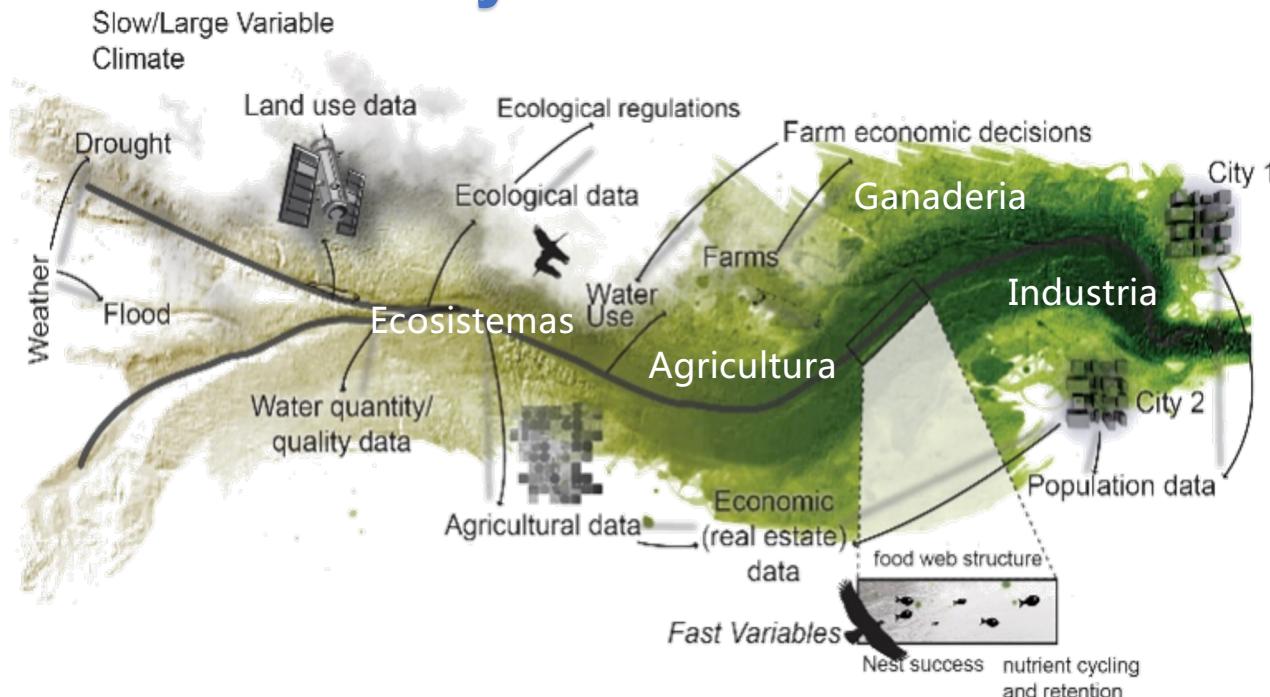
Motivación

‘Uno de los mayores desafíos del siglo XXI ... [es] si los sistemas sociales diseñados por el humano, desde las economías a las ciudades, los cuales han existido en los últimos quinientos años, pueden continuar su coexistencia con el mundo biológico natural del cual emergen y que ha existido por miles de millones de años.’

Geoffrey West, *Scale* (2018)



Construyendo un marco conceptual



- Agentes
- Funcionalidades
- Disturbios
- Variables
- Procesos

Sistema socio-ecológico del Ogallala-Platte



BUAP® | Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



Contenido

Definiciones

Agua, riego, agricultura, ganadería y ecosistemas en las grandes planicies

Irrigación

Recursos digitales

Ciencia y diseño

Marco conceptual

Bases

Resiliencia
Geografía
Producción
Disturbios



Contenido

Sistema complejo (West, 2018)

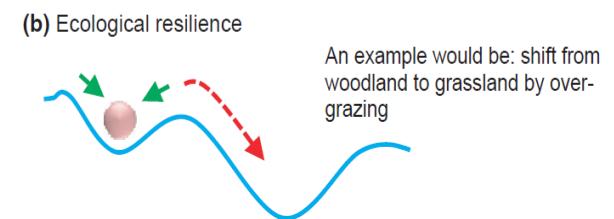
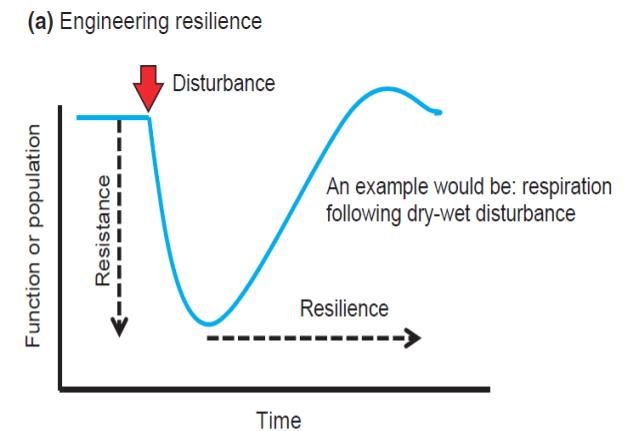
Sistemas complejos son “... agentes que de forma agregada toman características colectivas que de manera individual no son evidentes, ni se pueden predecir a partir de las propiedades individuales de los mismos.”

Sistema Socioambiental

Son complejos y capaces de adaptarse para responder a su medio ambiente: Auto organización, enseñanza y razonamiento

Resiliencia (Holling, 1973 and Gunderson, 2001)

“Es una propiedad de los sistemas complejos que se representa la magnitud del disturbio que puede ser absorbido antes que el sistema redefina su estructura, cambiando las variables y los procesos que controlan su comportamiento”





Infraestructura hídrica, agrícola y pecuaria

Ingresos Agrícolas

5.8% en EUA (\$21 mil Millones)

- 1st in Producción cárnea
- 3rd in Maíz
- 5th in Soya
- 5th in Exportaciones Agrícolas
- Entre 5 primeros en producción de etanol

Ecosistema de pastizal y albergue de especies protegidas

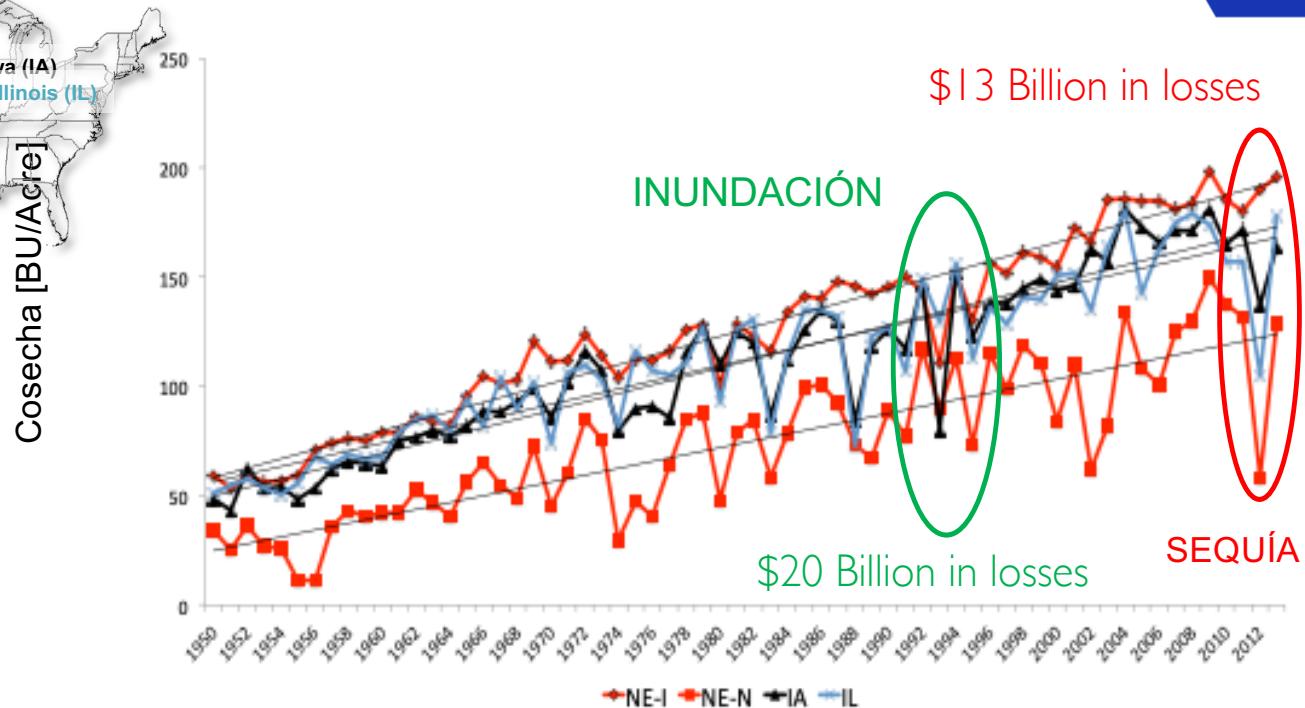
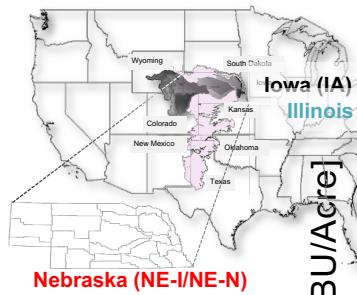




VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

BUAP® Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

Irrigación como un sistema socio-ecológico complejo

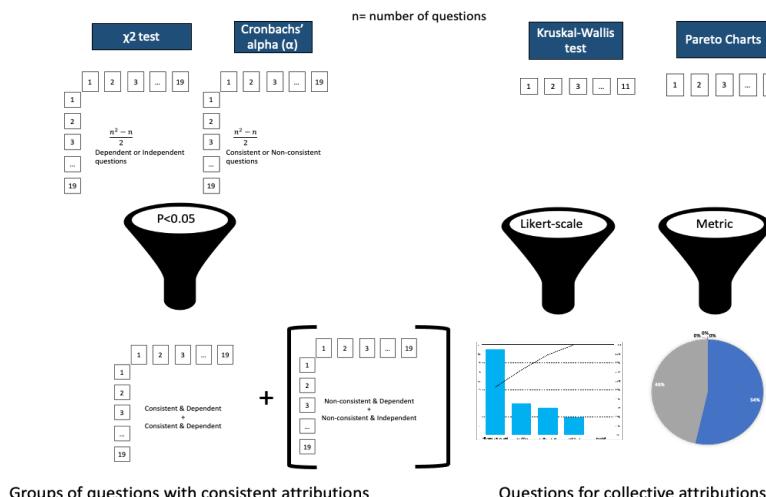




Conceptualización Colectiva

Premisas

1 2 3 ... 19



Alves y Muñoz-Arriola (desarrollo)



VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

BUAP® Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



Tesis

La predicción de la resiliencia de la infraestructura hídrica al clima requiere una infraestructura digital sólida que se diseñen y operen colectivamente

Premisas

- La combinación, secuencia, pausa, y magnitud de los desastres requieren marcos conceptuales dinámicos e inclusivos, como se evidencia en la inundación del 2019 en Nebraska.
- Las propiedades de los sistemas socio-ecológicos pueden ser asimilados por las parametrizaciones de modelos hidrológicos de superficie, permitiendo la simulación de la resiliencia hidrológica en el Río Platte en el Norte de las Grandes Planicies
- Los esfuerzos de adaptabilidad pueden estar restringidos por el paradigma actual de gobernanza y prácticas de manejo; sin embargo, las técnicas de Inteligencia Artificial pueden estimular la innovación en gobernanza y la predicción de la resiliencia de los acuíferos
- Los marcos conceptuales creados para fortalecer la resiliencia y mejorar su predictibilidad atraerán la innovación



Recursos

Datos y modelos
Resiliencia hidrológica
Gobernanza
Teorías



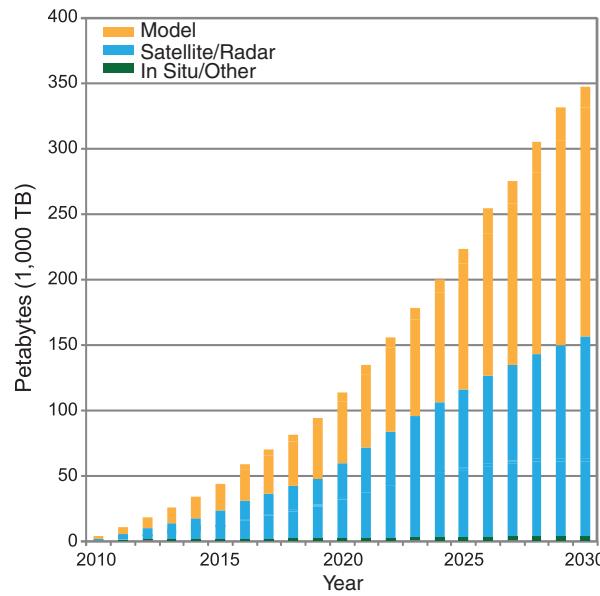
VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

BUAP® Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



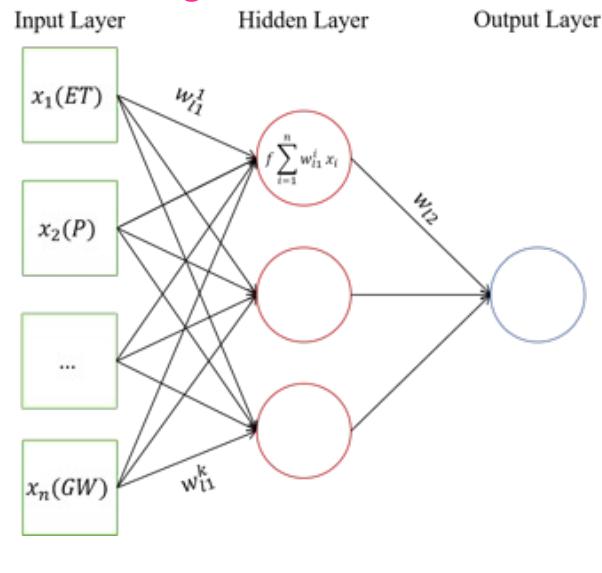
Recursos digitales

Datos



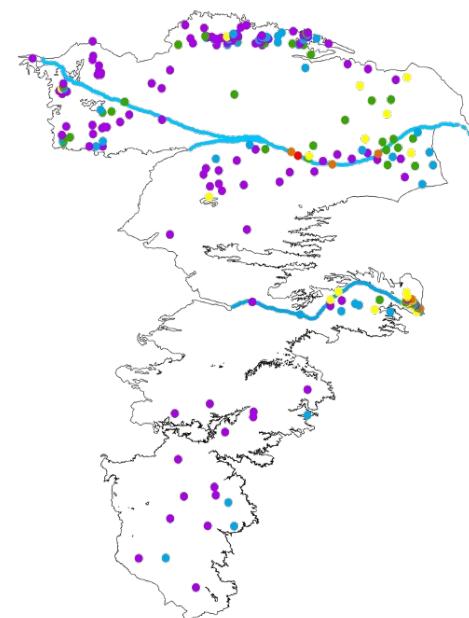
Overpeck et al Science (2011)

Inteligencia Artificial



Amaranto et al J Hydroinformatics (2019)

Análisis Geospaciales



Amaranto et al WRR (2019)



Diagnóstico y predicción de eventos compuestos y en cascada

Lluvia

+

Temperatura

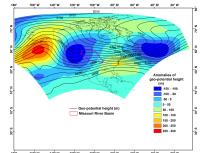
+

Derretimiento de Nieve

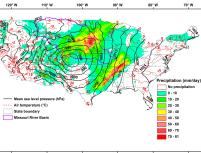
PR <= 10 años 78% PR > 100 años
del área de la cuenca 3 celdas

4-44 veces más alta

Antes

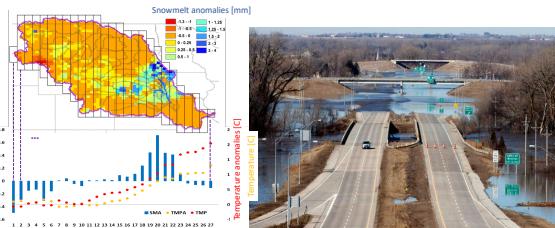


Nieve extrema



Lluvia calida

Durante



Inundación



Cantidad de agua

Después



Calidad de agua



Servicios Ecosistémicos



Erosión

Predictibilidad
Estándares
Baja
No

Media
No

+

=

Baja
No
Resiliencia
Estándares
Si

?

Perdidas por \$1,000 Billones

Munoz-Arriola et al., (in preparation)

Complejidad del Sistema
Complejidad de las fronteras



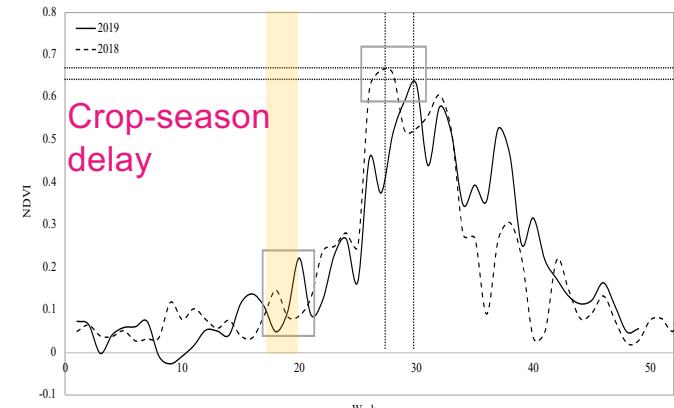
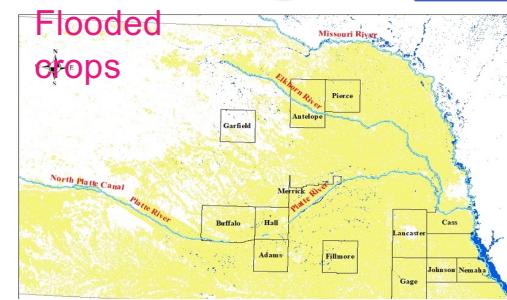
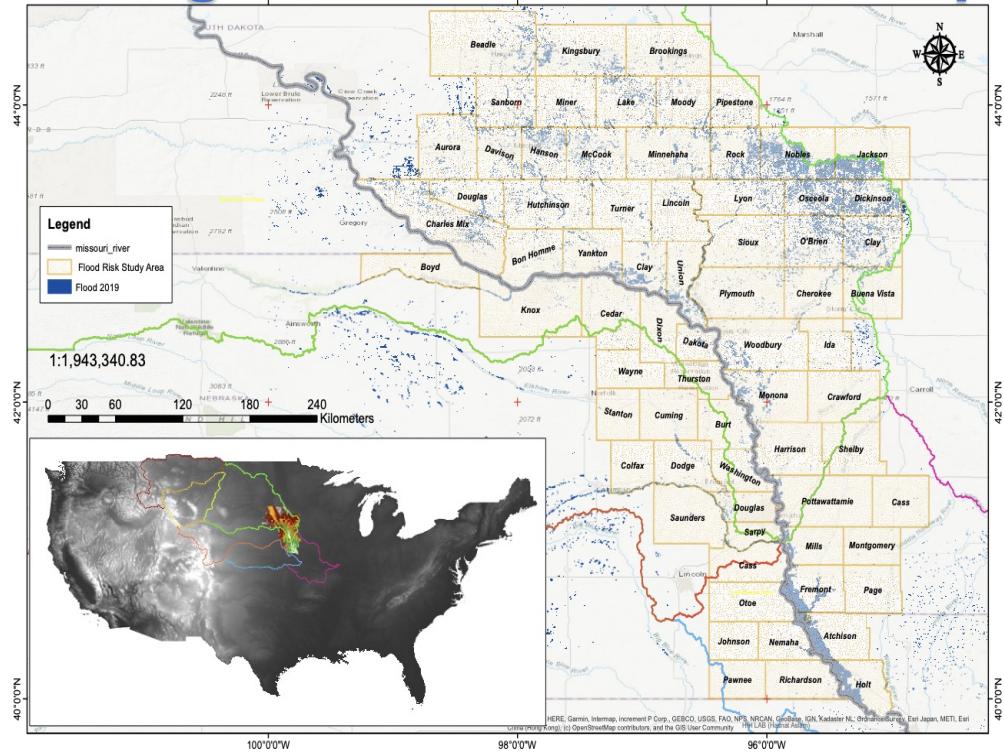


VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

BUAP® Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



Riesgo de inundaciones tempranas en la agricultura



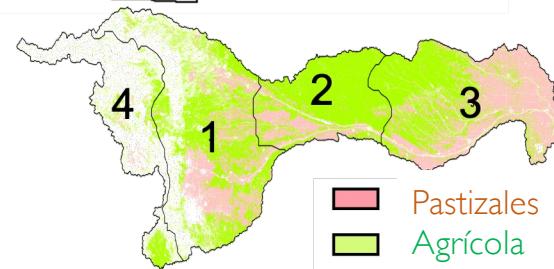
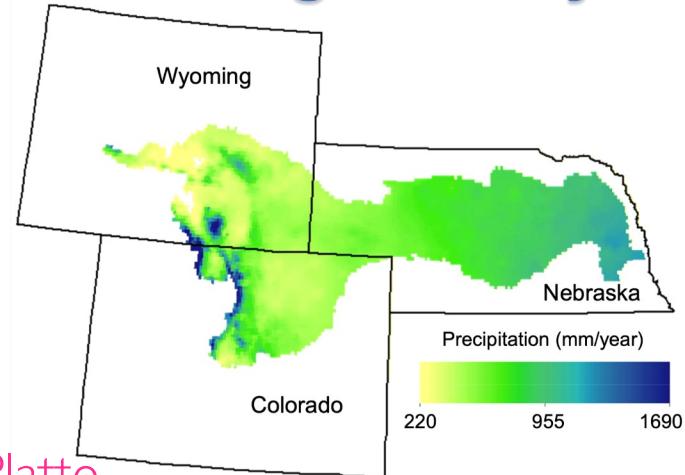
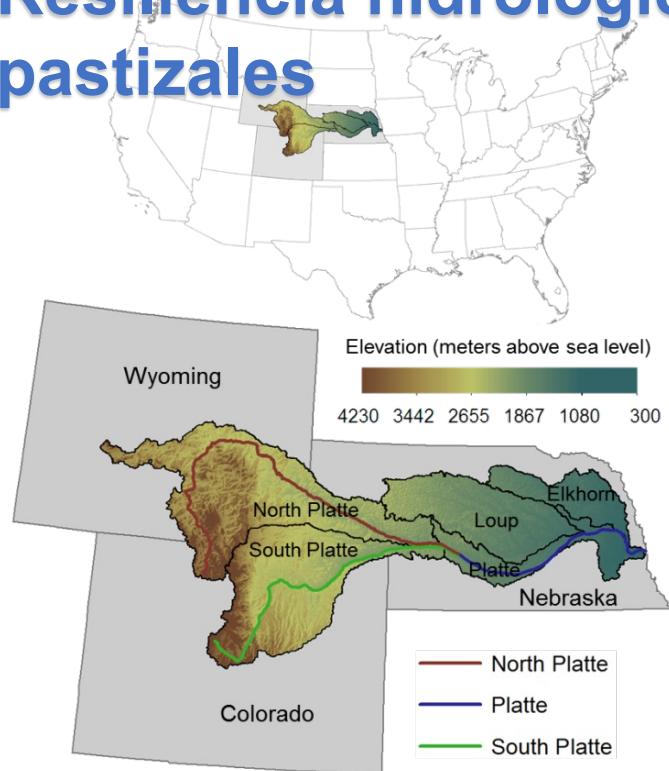
Sarzaeim et al., GEOEXTREMES (2021)



VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

BUAP® Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias

Resiliencia hidrológica en zonas agrícolas y de pastizales





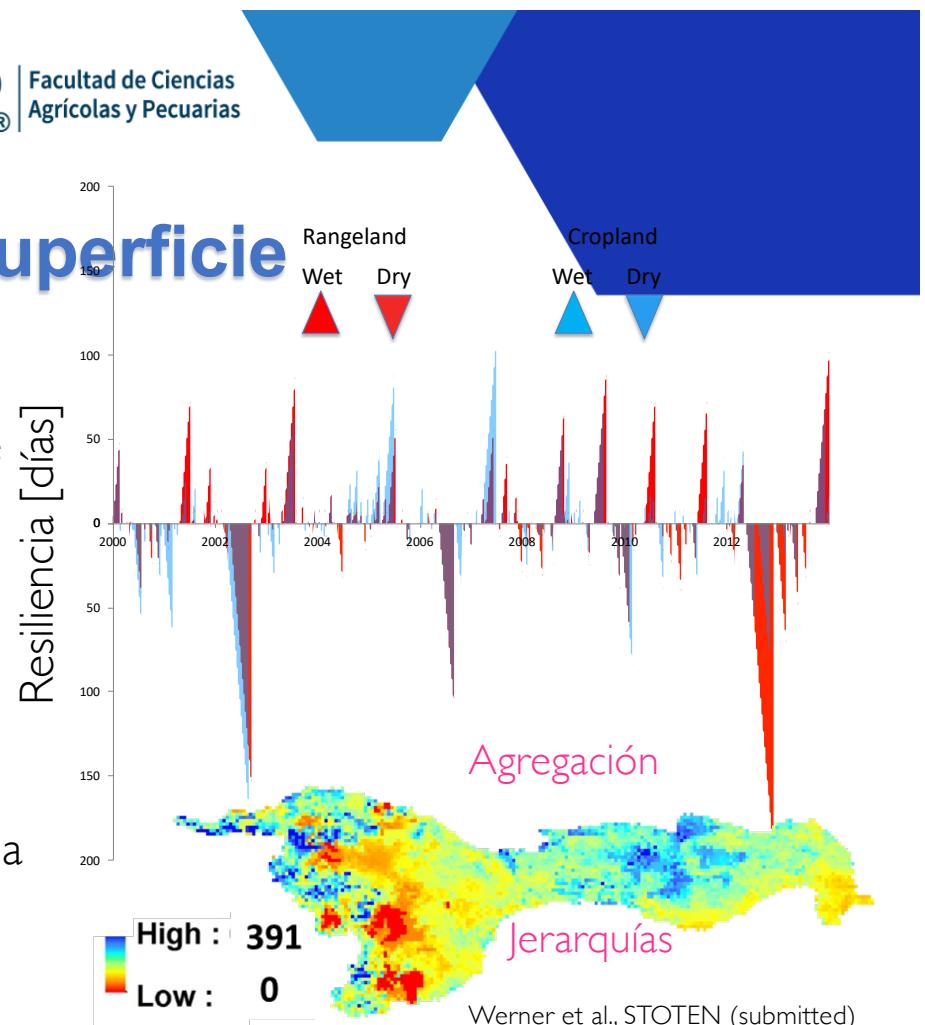
Resiliencia hidrológica de superficie

Cuencas hidrológicamente resilientes son sistemas complejos adaptivos con funcionalidades y servicios medidos a través de variables biofísicas e hidrológicas.

- Biodiversidad
- Agregación (de un punto a la cuenca)
- Jerarquía (Gobernanza)
- Non-linealidad (Procesos y respuestas)

Quién se beneficia del manejo de recursos en la gran escala?

Adaptado de Levin *Ecosystems* (1998)



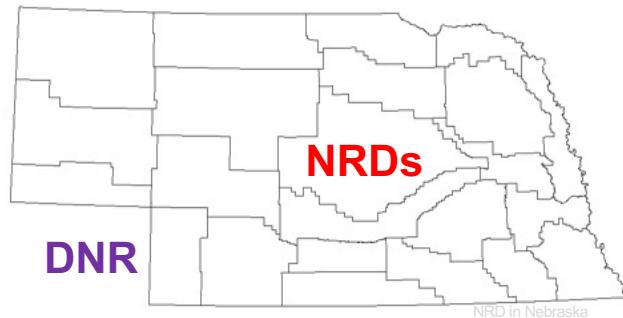
Werner et al., STOTEN (submitted)



Gobernanza

Department of Natural Resources
Manejo de aguas superficiales y conjunto

- Uso conjuntivo de las aguas superficiales y subterráneas
- Evaluación anual de la cuenca
- Monitoreo y registro de pozos
- Sub, sobre y apropiación hídrica para áreas irrigadas



Natural Resources Districts

Distritos de manejo de aguas subterráneas (23)

➤ Estructura administrativa:

- Gobernados por juntas elegidas
- Financiamiento proveniente de los impuestos

➤ Responsabilidades Administrativas:

- Redistribución de aguas subterráneas y moratorias para la perforación de pozos
- Colección de reportes de uso de agua
- Restricción de la expansión de áreas de irrigación
- Permisos e inspecciones para la fumigación



VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

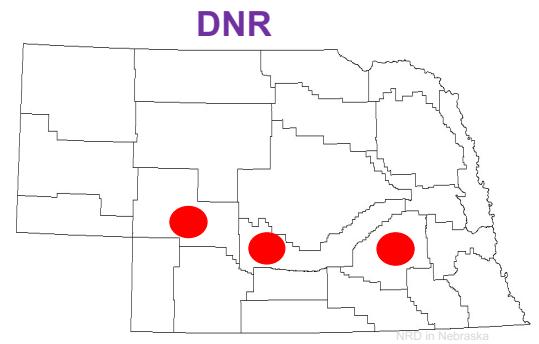
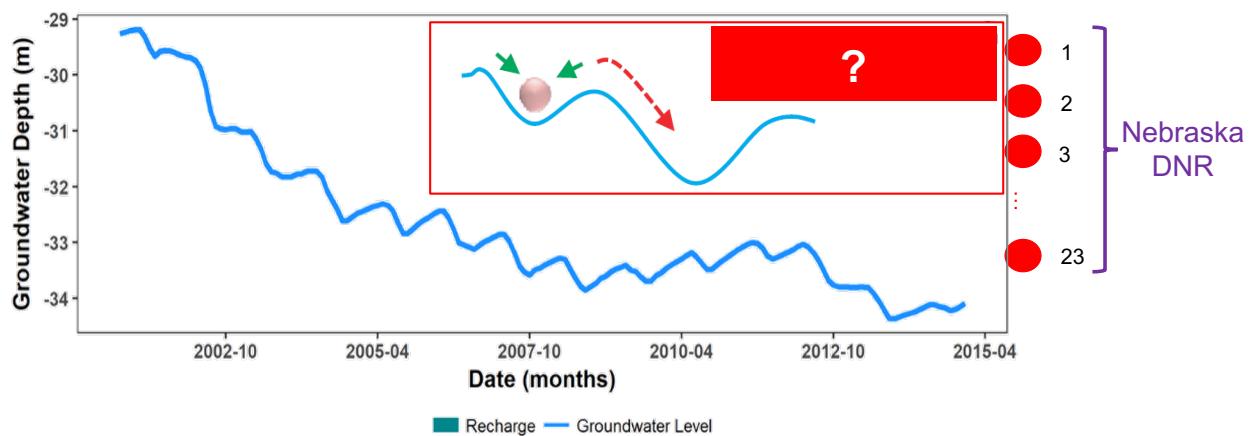
BUAP® Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



Teorías

... la tendencia de usuarios individuales de explotar los recursos naturales y contribuir a la tragedia de los comunes

Manejar el uso conjuntivo del agua superficial y
subterránea como un pool común



Predicción de la resiliencia

El sistema Ogalala-Platte
Conclusiones
Trabajo futuro



Avanzando teorías y aplicaciones

Neb. Rev. Stat.
§46-701 et seq.

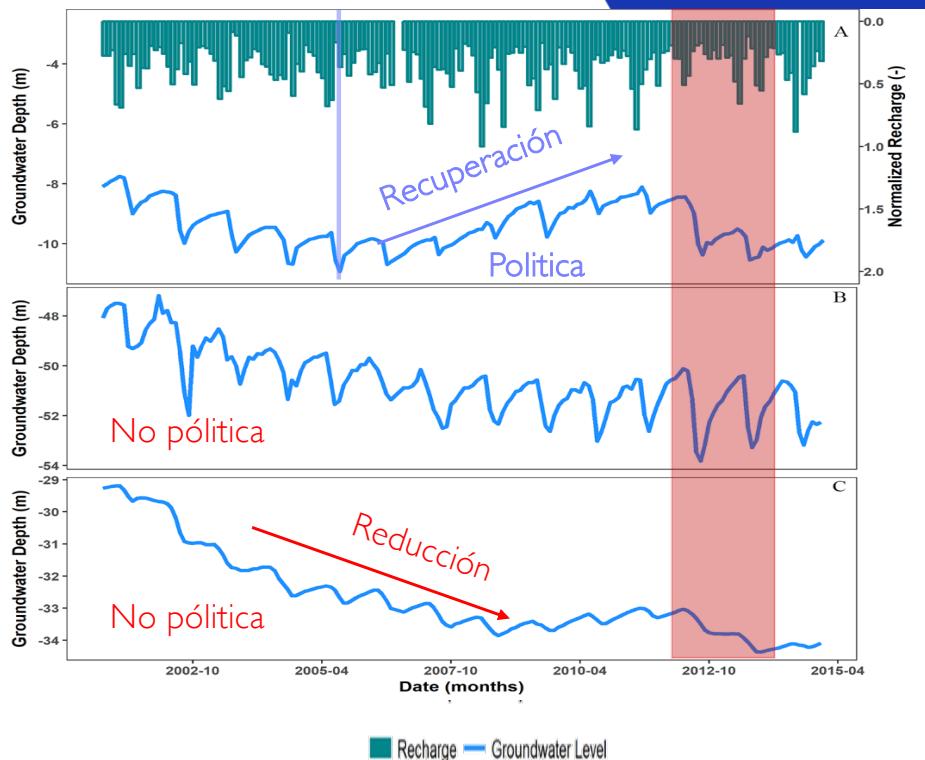
- Podemos **predecir las contribuciones individuales** al manejo del almacén colectivo de recursos?
- Podemos **predecir como revertir la tendencia de los usuarios individuales** de explotar los recursos naturales y contribuir a evitar la tragedia de los comunes?

NRD 1

NRD 2

NRD 3

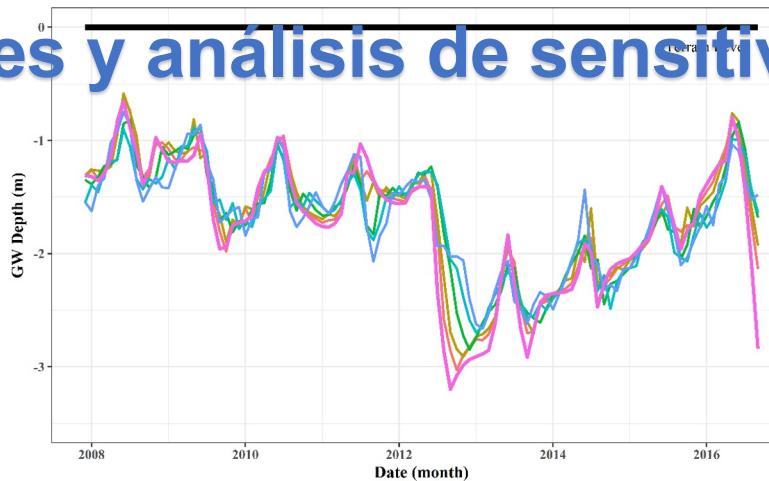
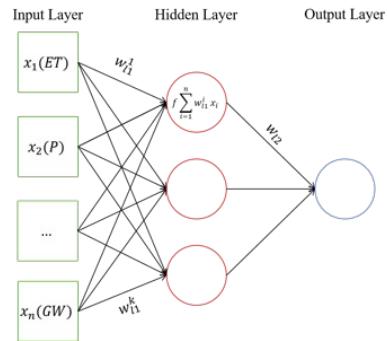
2012 Seqüia "Flash"





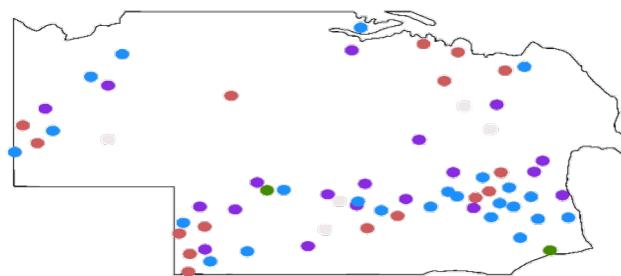
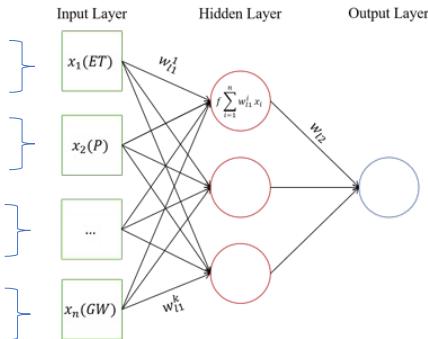
Redes neuronales y análisis de sensibilidad

ANN



Lead Time:
 — 1 Month
 — 2 Months
 — 3 Months
 — 4 Months
 — 5 Months
 — Obs

GSA-ANN



Legend: ● ET ● Flow ● H ● Rain ● Snow
 Amaranto et al., *J. Hydrol* (2018 & 2020)

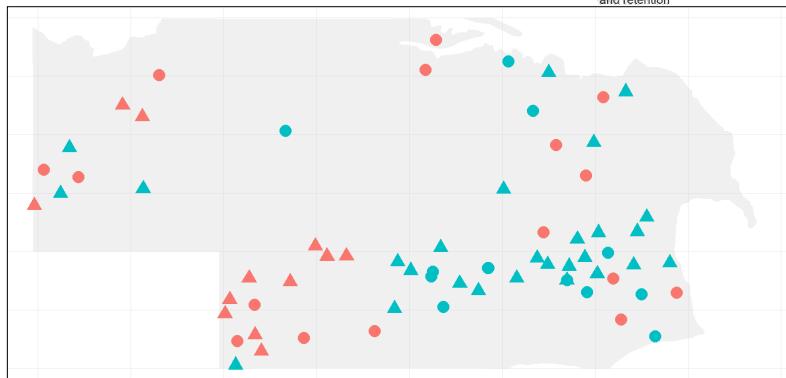
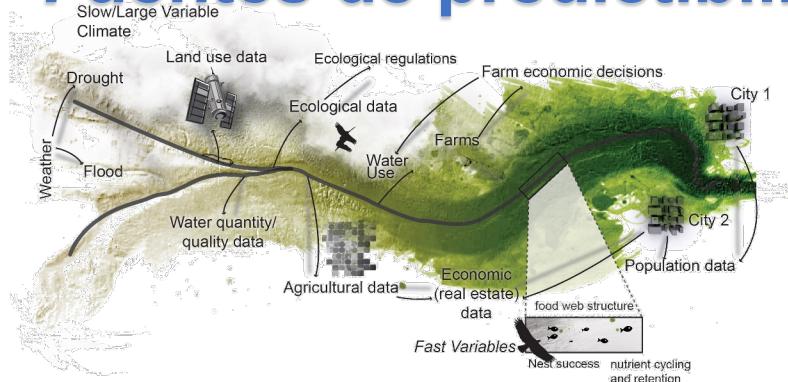


VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

BUAP® Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



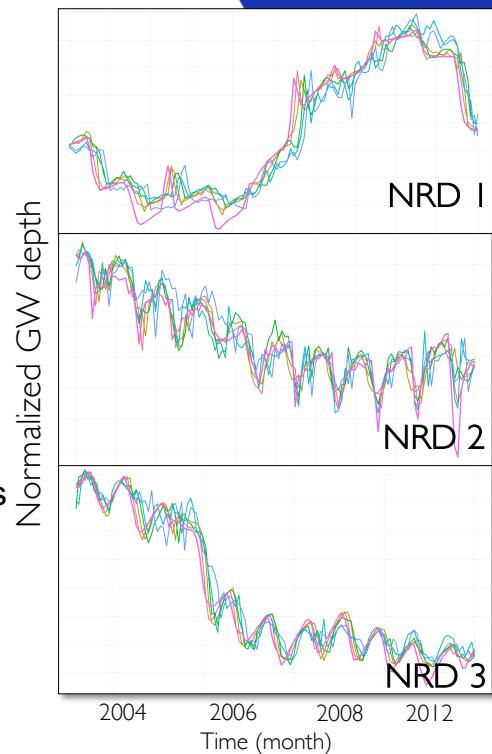
Fuentes de predictibilidad



- Lead Time = 1 Months
- Lead Time = 2 Months
- Lead Time = 3 Months
- Lead Time = 4 Months
- Lead Time = 5 Months
- Obs

Análisis de tendencias

- Non-significant recovery
- Non- Significant depletion
- Significant recovery
- Significant depletion

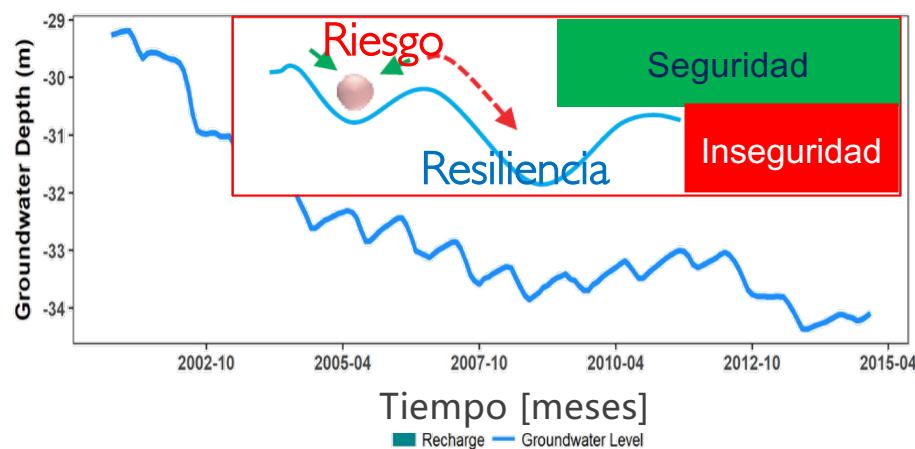


Munoz-Arriola et al., (en revisión)



Apoyo a la tesis

La predicción de la resiliencia de la infraestructura hídrica al clima requiere una infraestructura digital sólida que se diseñen y operen colectivamente

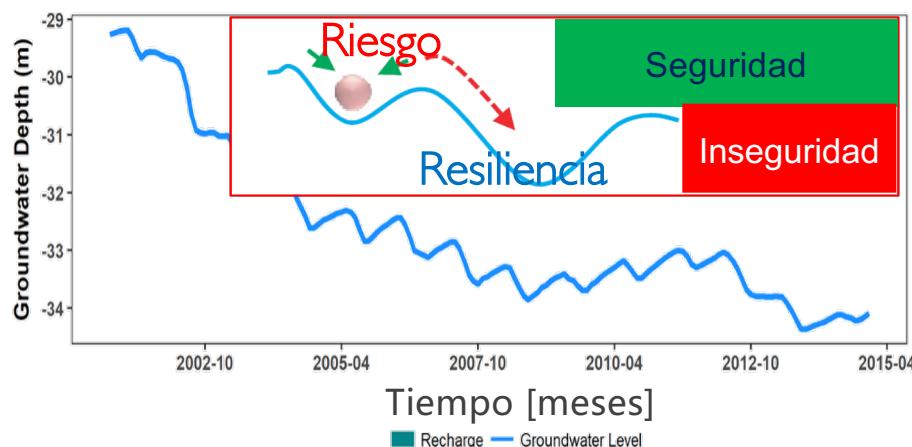


- La resiliencia hidrológica basada en el Índice Área Foliar fue de 80 días para períodos húmedos y hasta 180 días para sequías en el Río Platte
- No hay cambios significativos en la cosecha de maíz cuando las inundaciones previas a la fecha de siembra
- Efecto de la gobernanza de aguas superficiales y subterráneas integradas (~7 años) es equivalente a los efectos de una sequía "flash" como la del 2012 en los acuíferos del norte del Ogalala



Trabajo futuro

Colectar, identificar y provechar los datos que capturan las complejidades de los procesos socio-ecológicos, incluyendo las experiencias individuales y colectivas de los usuarios y las funciones ecológicas



- Marcos conceptuales que integren a los eventos extremos compuestos y en cascada con modelos de cosecha pueden asegurar la producción
- Simulaciones hidrológicas y sensoria remota evidencian la capacidad adaptativa de las cuencas
- Las complejidades socio-ecológicas pueden ser simuladas por modelos de Inteligencia Artificial



Pioneering new frontiers.



VII Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas

COMEII 2022 | Teziutlán, Puebla, México

BUAP® | Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



GRACIAS!!

Francisco Muñoz Arriola

Department of Biological Systems Engineering y
School of Natural Resources

University of Nebraska-Lincoln

fmunoz@unl.edu





BUAP® | Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias



Premisas

- El efecto colectivo de l manejo y la gobernanza del recurso hídrico puede llevar a la mejora del Sistema
- La agregación de fenómenos no siempre lleva al incremento al resultado esperado