



Agricultura guiada por datos para soporte a la toma de decisiones en campo y la gestión de riesgos climáticos

Carlos Navarro

D. Martínez, D. Jimenez, H. Dorado, C. Barrios, J. Ramírez, et al.

Mayo 30 de 2024



AgriLAC Resiliente:
Resilient Agrifood Innovation
Systems in Latin America and
the Caribbean



INICIATIVA SOBRE
Resiliencia Climática



INICIATIVA SOBRE
Innovación Digital

1er. Seminario de riego sostenible y 2do. Simposio de recursos hídricos de la costa sur

La Alianza Bioversity CIAT es parte del CGIAR



OUR ASSETS

15 top-class Research Centers

CGIAR's global network of 15 Research Centers contributes to an unrivalled mix of knowledge, skills and research facilities able to respond to emerging development issues.

3,000+ partners

Unequalled partnerships network of more than 3,000 partners from national governments, academic institutions, global policy bodies, private companies and NGOs.

89 countries

We have a local presence in 89 countries with a deep knowledge of customs, values and market operations in developing countries.

50 years experience

A wealth of experience and knowledge spanning 50 years that builds on a track-record of innovation and world-class research.

CGIAR Research Centers are non-profit research organizations conducting innovative research. Home to more than 9,000 scientists, researchers, technicians and staff, the Centers work to transform food, land and water systems in a climate crisis.

Iniciativas de Alcance Global



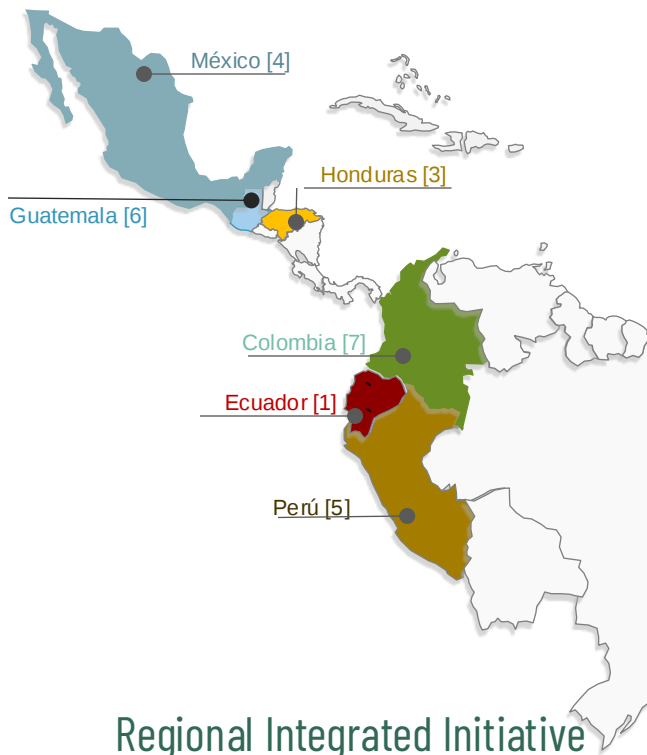
Resilient Agrifood Systems

1. Plant Health and Rapid Response to Protect Food Security and Livelihoods  **WP1/WP4**
2. Livestock, Climate and System Resilience  ***WP2/WP3**
3. Nature-Positive Solutions for Shifting Agrifood Systems to More Resilient and Sustainable Pathways  **WP3**
4. Excellence in Agronomy for Sustainable Intensification and Climate Change Adaptation (EiA)  ***WP1/WP4**
5. Resilient Cities Through Sustainable Urban and Peri-urban Agrifood Systems  **WP1**



Genetic Innovation

13. Accelerated Breeding (ABl): Meeting farmers' needs with nutritious, climate-resilient crops – GLOBAL/LAC  **WP1/WP4**
14. SeEdQUAL: Delivering Genetic Gains in Farmers' Fields – GLOBAL/LAC  **WP1/WP4**



Regional Integrated Initiative - AgriLAC Resiliente -



Systems transformation

6. Rethinking Food Markets and Value Chains for Inclusion and Sustainability  **WP1**
7. Harnessing Digital Technologies for Timely Decision-Making across Food, Water, and Land Systems  ***WP2/WP4**
8. National Policies and Strategies for Food, Land and Water Systems Transformation  ***WP5**
9. ClimBeR: Building Systemic Resilience against Climate Variability and Extremes  **WP2/WP4/WP5**
10. Mitigation and Transformation Initiative for GHG reductions of Agrifood systems Related Emissions (MITIGATE+)  ***WP3**
11. Transformational Agroecology across Food, Land and Water systems  **WP3**
12. Sustainable Healthy Diets through Food Systems Transformation (SHiFT)  ***WP1/WP4**

Herramientas para el efectivo aseroramiento agrícola

Panorama de la extensión agropecuaria en la región



La mayoría de agricultores no recibe asistencia técnica



La información que llega a los agricultores no responde a la oferta ambiental de los sitios de producción ni a su contexto socioeconómico



En muchas ocasiones las tecnologías sugeridas no son sostenibles o toman en cuentas las medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático



EXTENSION AGENT OF THE FUTURE

1 Mayor eficiencia
en costos y tiempo



2 Comunicación
más rápida



3 Puede llegar a mayor
número de agricultores



4

Datos más precisos y
mejor
acompañamiento



5

Complementa y
aumenta capacidad
humana

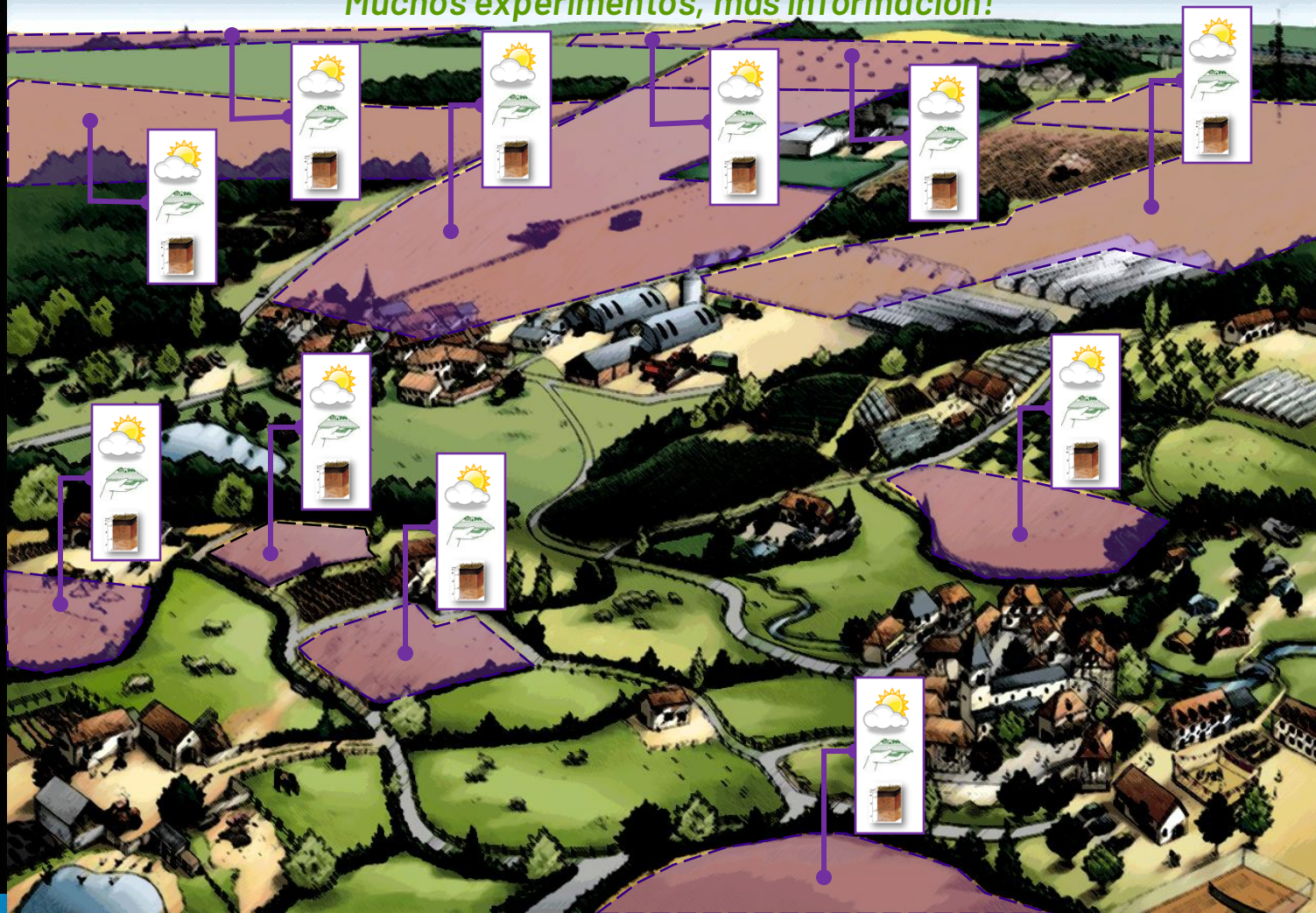


<https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/115143>

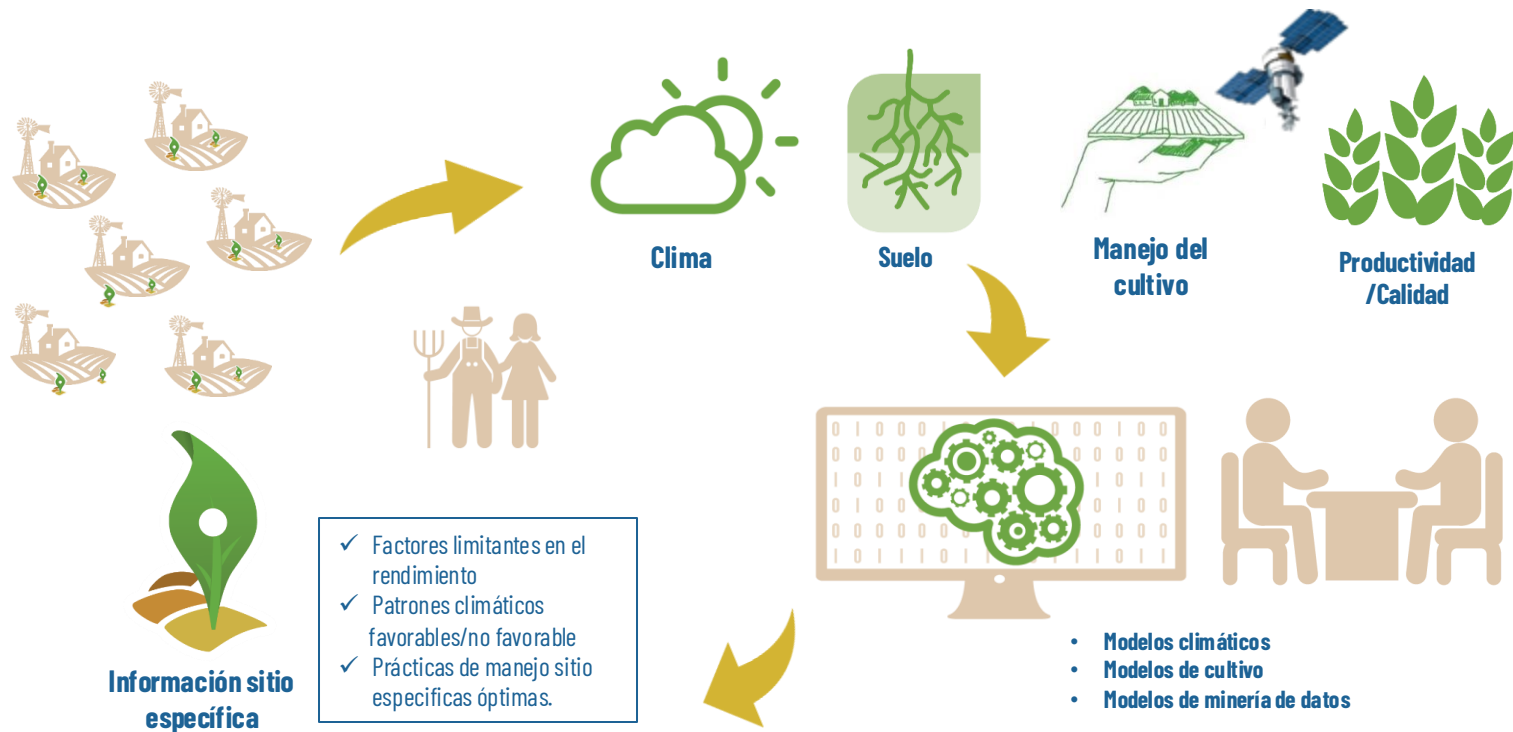
A gran escala, uso de datos no experimentales!



Muchos experimentos, más información!



Fortalecimiento y modernización del sistema de extensión agropecuaria orientado a la adaptación y la mitigación

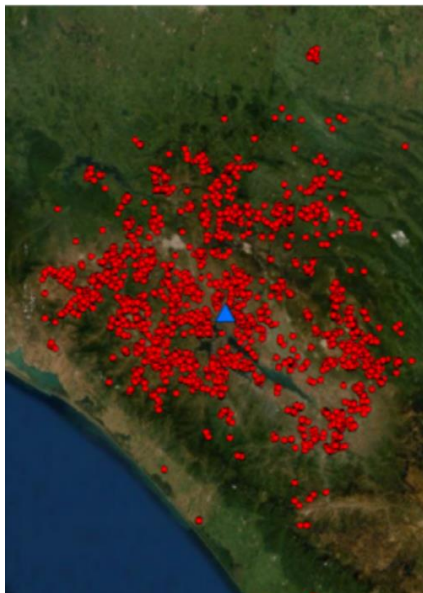




Agricultura guiada por datos

Maíz

Caso de estudio: Maíz Chiapas México



Socios



Datos

Registros de la bitácora electrónica.



Periodo de información : 2012-2018

Eventos de cosechas: 4500.

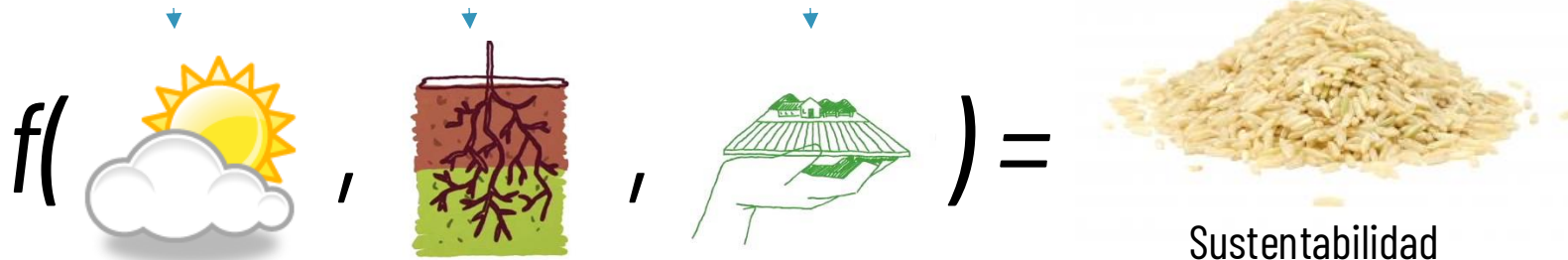
Objetivo

Identificar los factores que afectan los rendimientos de maíz temporal.

Aplicación

Proveer información sitio específica a productores para mejorar rendimientos.

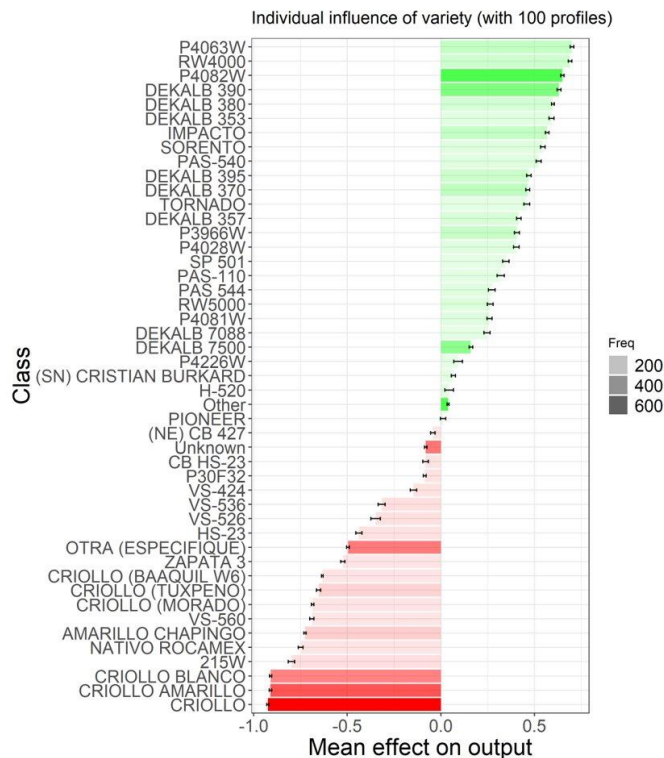
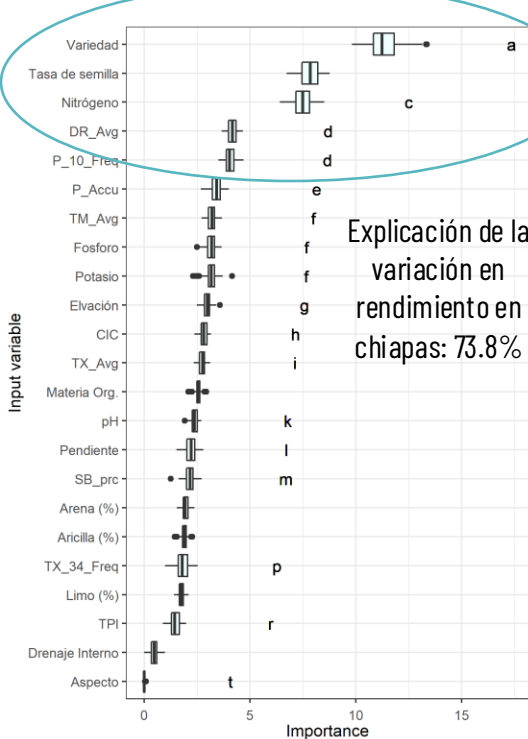
Aspectos que afectan el rendimiento



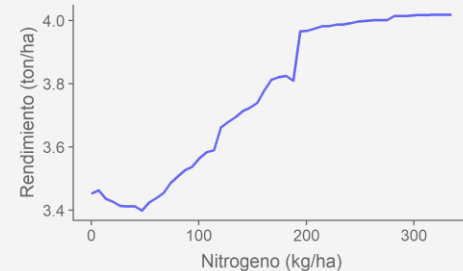
Identificar factores o combinaciones de factores, con sus respectivas influencias, que conducen a altas o bajas producciones

Ranking de variables

Modelo Random Forest que proporciona el ranking de importancia de las variables que influyen en la variación del rendimiento

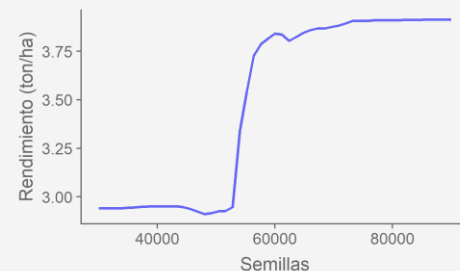


Nitrógeno



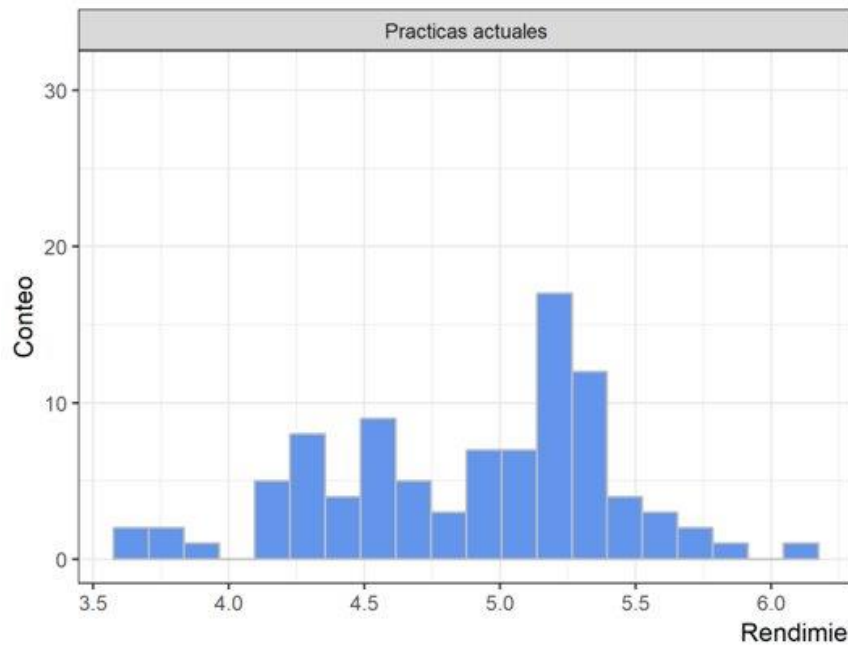
La cantidad de nitrógeno para tener más rendimiento es de 200 Kg/ha

Semillas

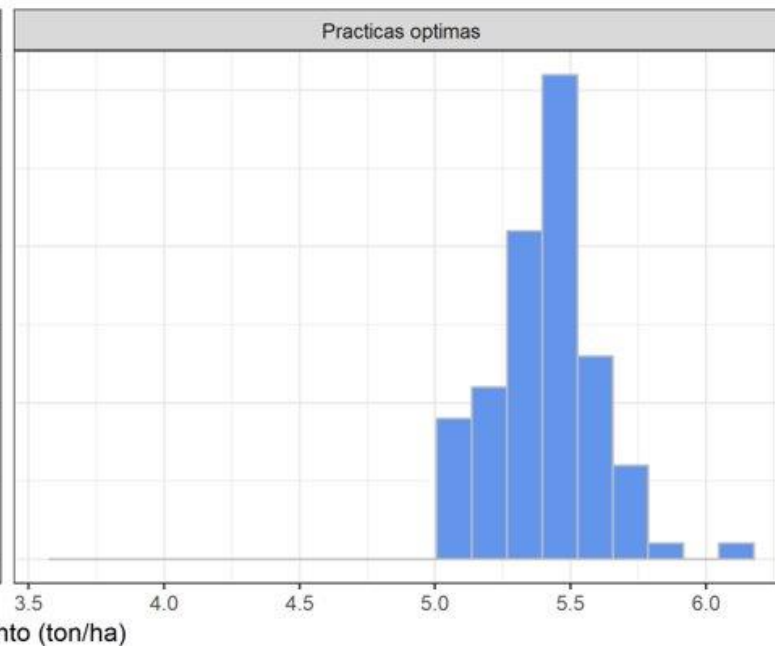


Se recomienda sembrar 60000 semillas por hectárea.

Predicción del rendimiento: Practicas actuales vs practicas óptimas



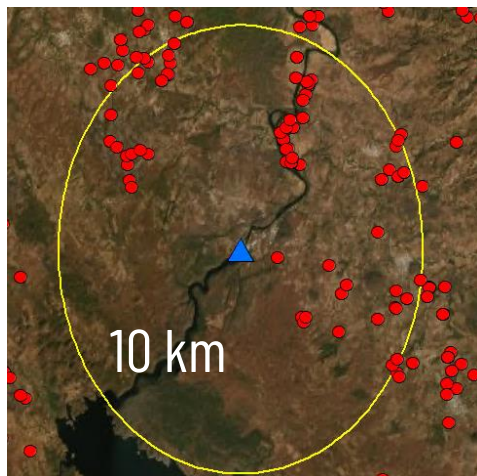
Máximo: 6.1 ton/ha
Mínimo: 3.61 ton/ha
Promedio: 4.9 ton/ha
Sd: 0.51 ton/ha



Máximo: 6.1 ton/ha
Mínimo: 5.1 ton/ha
Promedio: 5.4 ton/ha
Sd: 0.18 ton/ha

Modelo predictivo junto al pronóstico climático

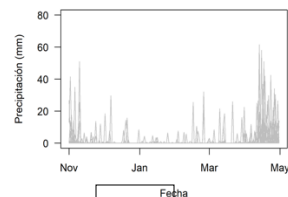
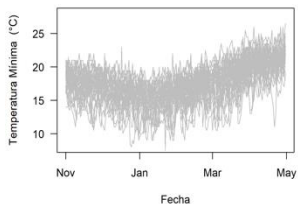
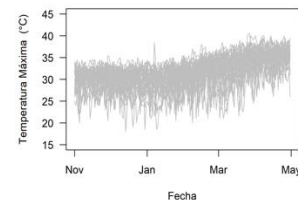
Parcelas cercanas a la estación



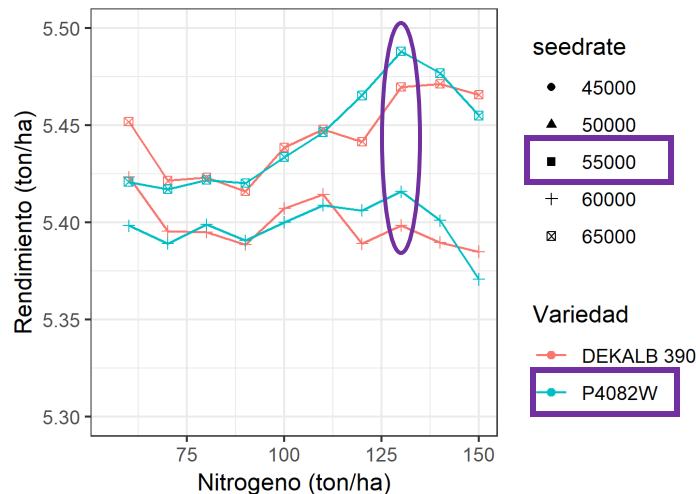
Total 93 ciclos de cosecha

Variedad	Frecuencia
P4082W	20
DEKALB 390	13
OTRA (ESPECÍFICO)	13
DEKALB 7500	7
DEKALB 380	6
P30F32	6
Otras	28

Pronóstico climático 100 simulaciones



$$f(C, S, M) = Y$$



Uniando pronósticos climáticos y datos

Colectar registros agronómicos, de clima y de suelo

Se pueden usar bases de datos existentes, o construir nuevas implementando métodos modernos de captura de datos.

Análisis de minería de datos (data mining) para caracterizar los patrones climáticos que han ocurrido en la zona

El resultado es una biblioteca de patrones climáticos que se diferencian entre ellos por alguna variable climática: por ejemplo ciclos de inicios seco, ciclos con picos de calor, ciclo con lluvias concentradas al inicio...

Análisis de aprendizaje automático (machine learning) para detectar prácticas que han sido exitosas en el pasado bajo condiciones similares

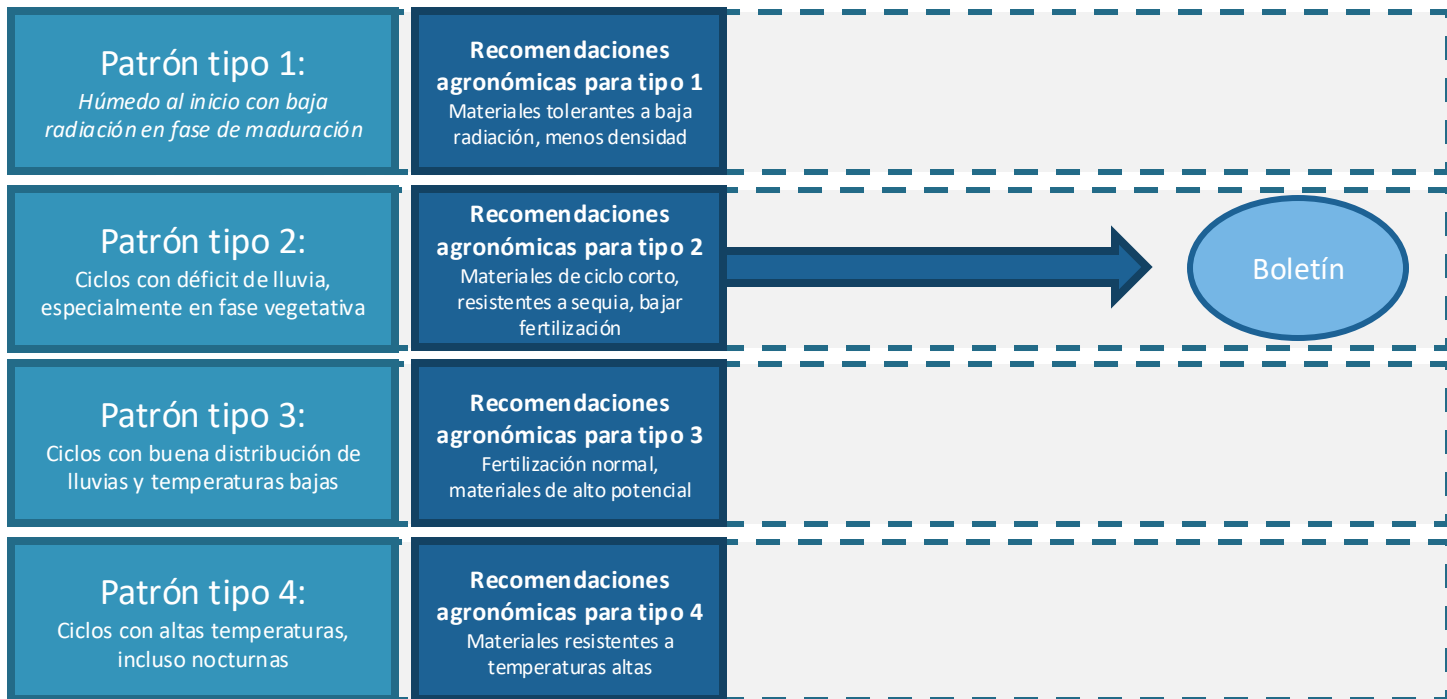
Obtenemos un set de prácticas óptimas para cada condición

Comparar las condiciones (patrón) climáticas pronosticadas con las conocidas para encontrar a cual se parecen

El análisis nos indica de que datos históricos vamos a poder aprender

Generar recomendaciones a partir del análisis histórico

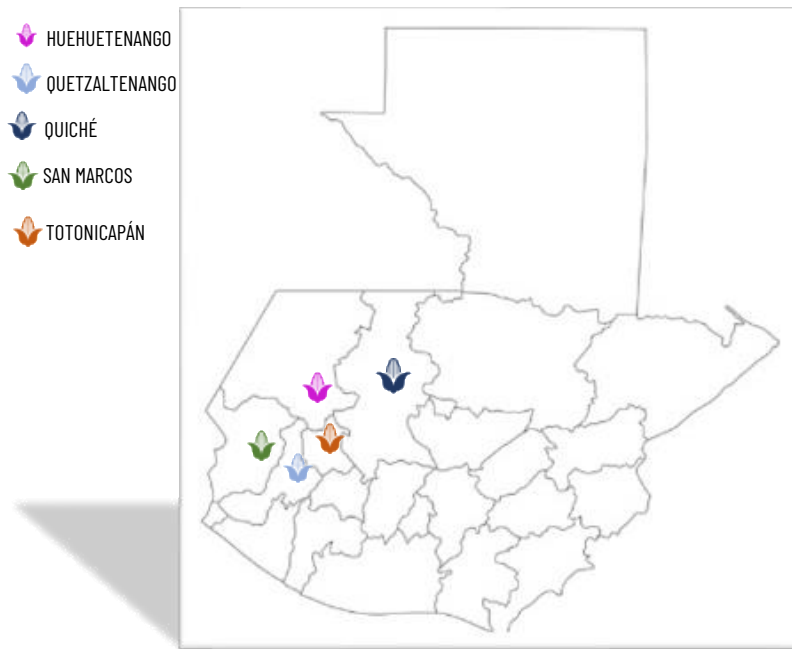
Según el patrón histórico identificado como similar al pronóstico, se transfieren las lecciones aprendidas en el boletín de la MTA



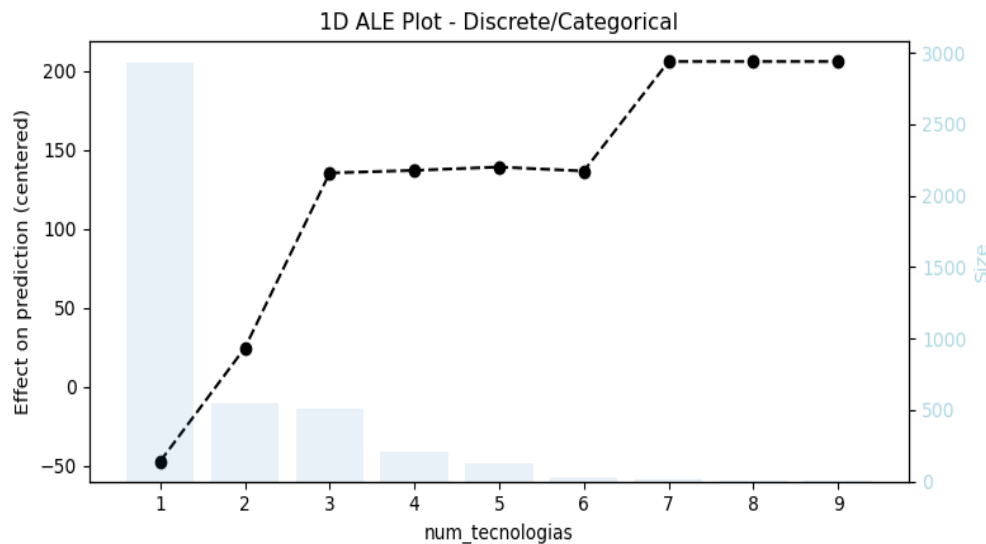
Caso de estudio: Servicios de información

Análisis de datos Buena Milpa

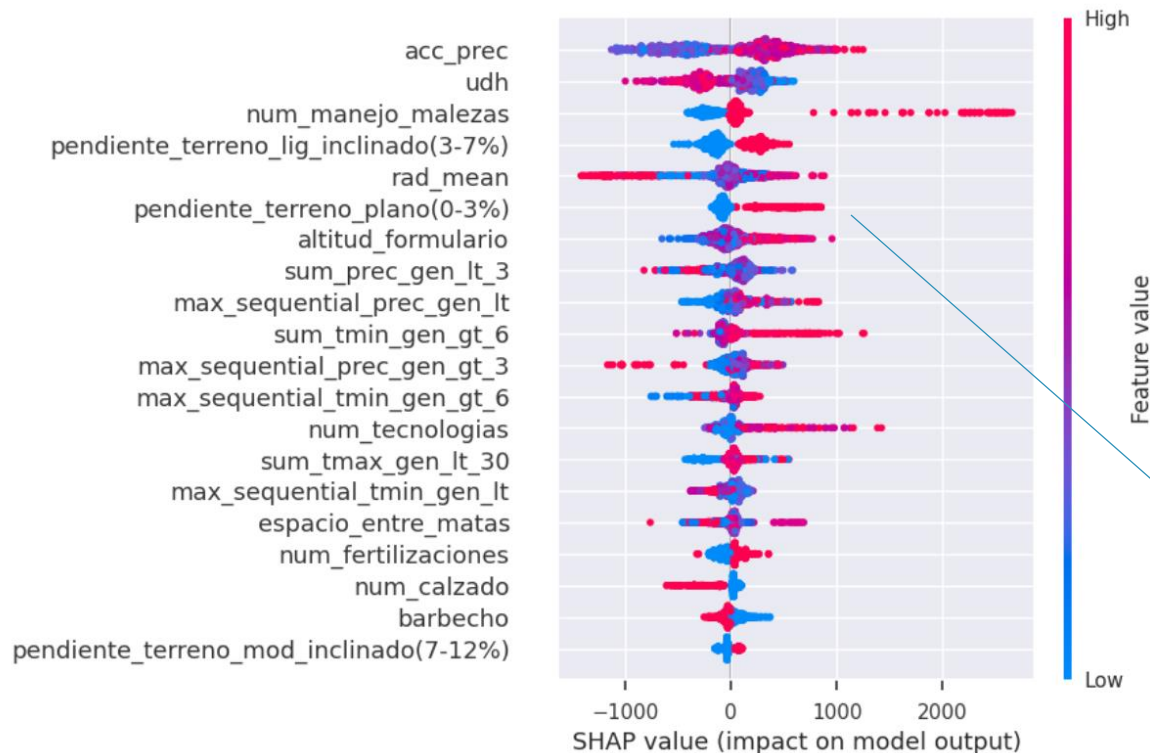
- Servicios de información agroclimática para productores



6,500 observaciones en parcelas de pequeño productor de maíz, explicando 70% de variabilidad



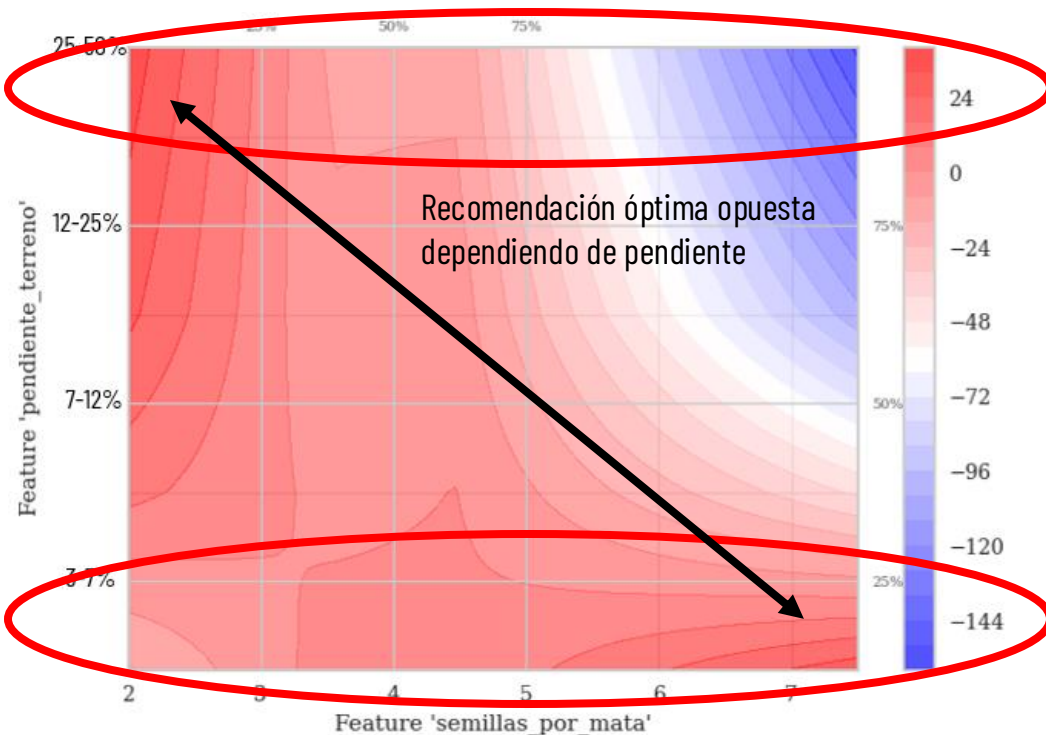
Relación de variables con respecto al rendimiento



El método revela no solo la importancia relativa de las características, sino también sus relaciones reales con el resultado predicho.

Tener una parcela en terreno plano contribuye positivamente al rendimiento

Pendiente, # semillas y rendimiento

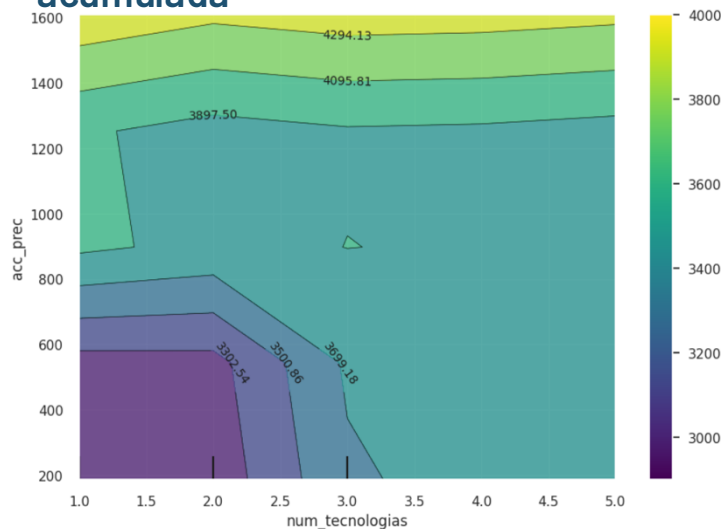


Mayor sensibilidad a # semillas en
pendientes altas

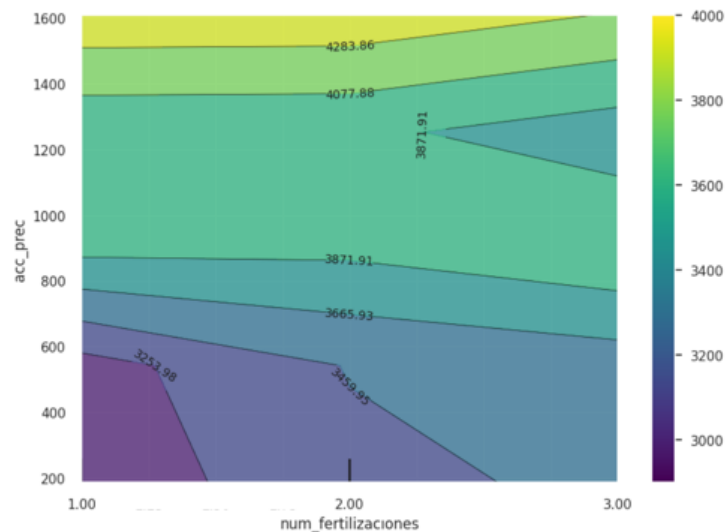
Menor sensibilidad a # semillas en
pendientes bajas

Número de tecnologías vs precipitación

Interacción: Número de tecnologías con la precipitación acumulada



Precipitación acumulada con numero de fertilizaciones





Agircultura guiada por datos

Arroz

Casos de estudio: Arroz Colombia

Socios



MINAGRICULTURA



Datos

- Encuesta nacional de arroz.
- Registros de cosecha.
- Experimentos de fecha de siembra.
- Estaciones meteorológicas

Observaciones

1237

6000

600

27

7837

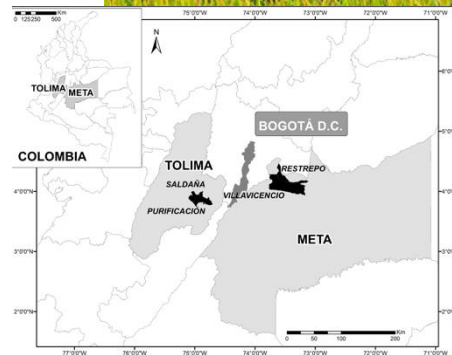


Objetivo

Evaluar el efecto del clima sobre ciertos cultivares de arroz en dos localidades de Colombia.

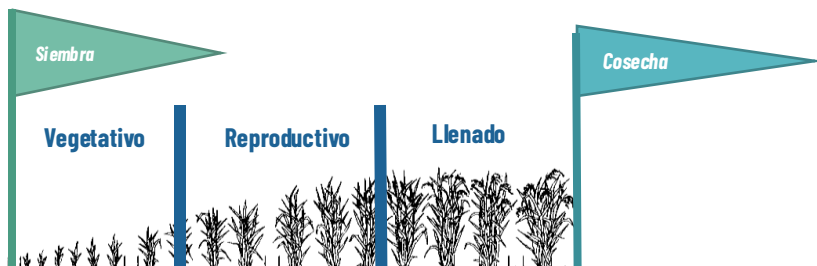
Aplicación

Definir fechas de siembra óptimas de cultivares por localidad y conocer la respuesta de cultivares a condiciones climáticas.



Arroz Colombia

Unidad de observación – Ciclo de cultivo



Variables climáticas por
etapa ($X_1, X_2, X_3, \dots$)
Y

Variables involucradas

- Fecha de siembra - Cosecha
- Variedad (F733, F60, Lagunas y F174)
- Localidad (Saldaña, Villavicencio)
- Temperatura promedio
- Energía solar acumulada
- Precipitación acumulada
- Número de días con precipitación mayor a 10 mm
- Promedio de humedad relativa
- Rendimiento en kg/ha

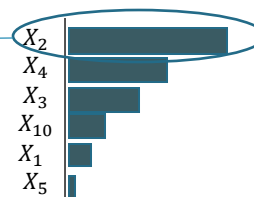
Efectos del clima sobre variedades de arroz

Metodología utilizada.

Random forest - importancia de variables (Breiman, 2001)

- ✓ Mejor desempeño en calidad de predicción (RMSE).
- ✓ Soportar relaciones no lineales.
- ✓ Equilibrar la influencia por correlación entre las variables.

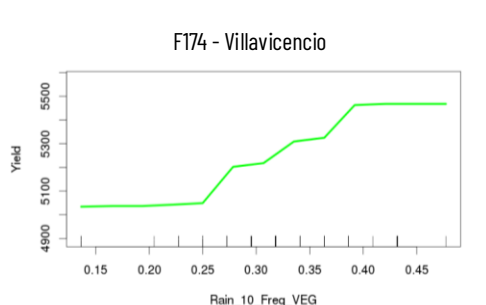
Resultados.



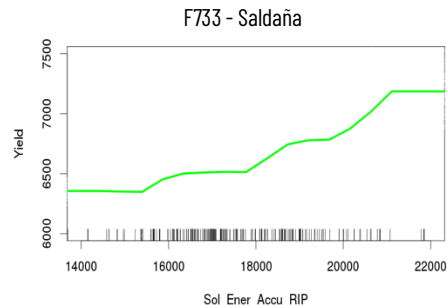
Modelo	Observaciones	Desempeño (R Cuadrado)	Variable mas relevante
Saldaña - F733	267	29.90%	Energía solar acumulada en fase de llenado de grano
Saldaña - F60	150	46.60%	Temperatura promedio en fase reproductiva
Saldaña -Lagunas	187	6.96%	Temperatura promedio en fase de llenado de grano
Villavicencio - F174	134	28.10%	Días con lluvia en fase vegetativa

Efectos del clima sobre variedades de arroz

Dependencias parciales. – Condiciones climáticas asociadas a altos rendimientos



Precipitación en el **40%** de los **días** de la fase vegetativa



Radiación solar acumulada en todo el ciclo de llenado de grano mayor a **21.000 cal/cm²**

Utilidad de información.

Productores: Plantear fechas de siembra estratégicamente en el año para acomodarse a las mejores condiciones según la variedad que se vaya a sembrar.

Mejoradores: Probar la efectividad y resistencia a factores climáticos de variedades desarrolladas a partir de datos de productores.

En otros casos de estudio en arroz...

Premian proyecto que 'salvó' cultivos de arroz en Colombia

Una investigación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat) que evitó que unas 1.800 hectáreas de arroz resultaran afectadas por la sequía en el norte de Colombia fue reconocida por la ONU como una de las mejores ideas para fortalecer la acción climática en el mundo.



ONU premia proyecto del CIAT que "salvó" cultivos de arroz en norte Colombia

■ Una investigación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) que logró que unas 1.800 hectáreas de arroz se salvaran de la sequía en el norte de Colombia fue reconocida por la ONU como una de las mejores ideas para fortalecer la acción climática en el mundo.

LA INFORMACIÓN NOTICIA
05/09/2018 - 09:00h



Bogotá, 4 sep.- Una investigación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) que logró que unas 1.800 hectáreas de arroz se salvaran de la sequía en el norte de Colombia fue reconocida por la ONU como una de las mejores ideas para fortalecer la acción climática en el mundo.

El estudio, en el que se concluyó que cambiar las fechas de siembra de los cultivos de arroz puede mejorar el rendimiento, fue uno de los ganadores del "Desafío Climático Big Data", indicó un comunicado difundido por el CIAT, cuya sede principal está en la ciudad colombiana de Cali.

HALLAZGO DE PATRONES POR MEDIO DE INTELIGENCIA DE DATOS AHORRA ENORMES PÉRDIDAS A LOS AGRICULTORES COLOMBIANOS

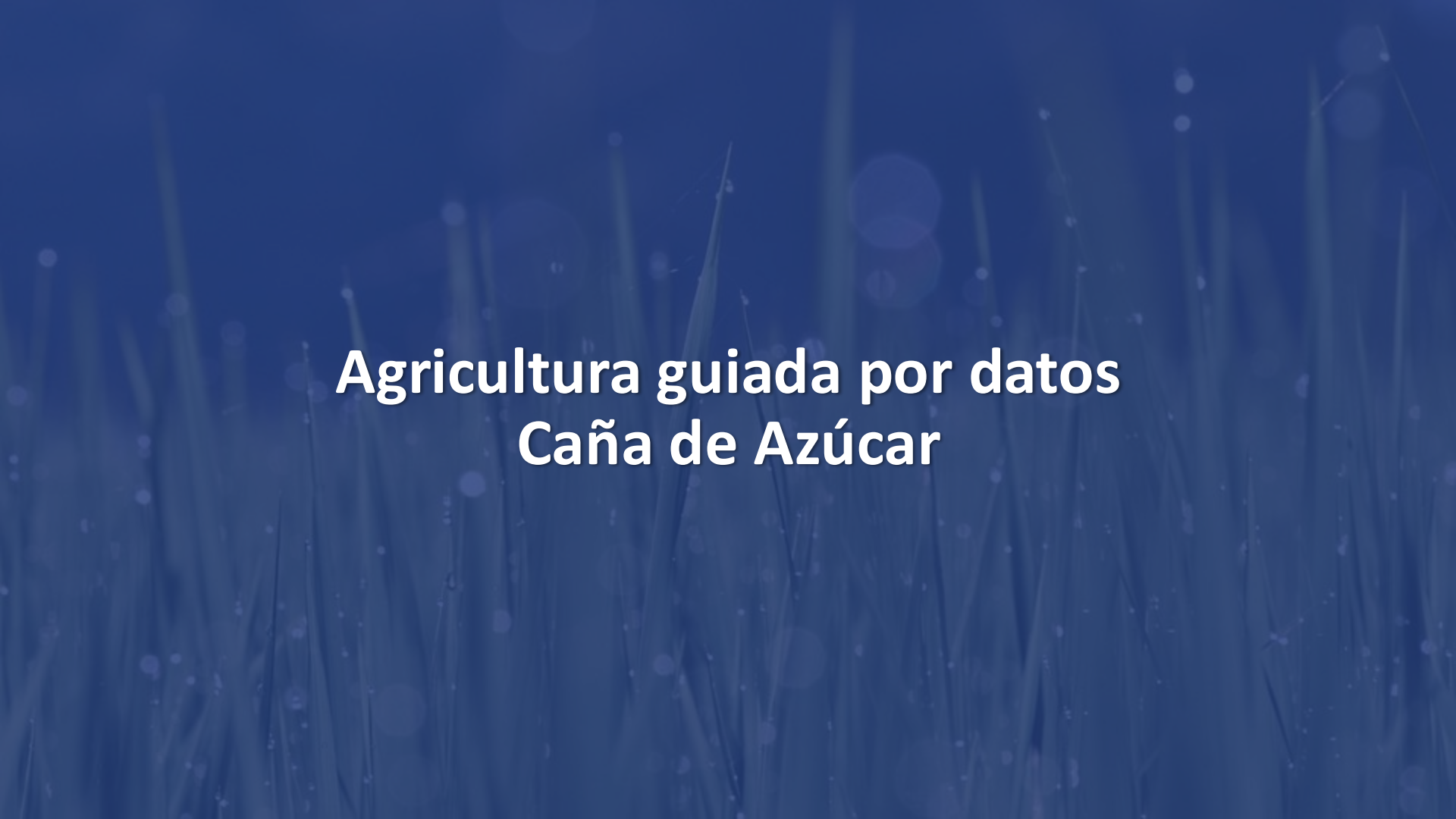
🔧 Tecnologías y prácticas ASAC 📊 Servicios de información climática 🌎 América Latina

🕒 5 min.



Foto: N. Palmer (CIAT)

170 agricultores evitaron
pérdidas por USD **1.7** millones



Agricultura guiada por datos

Caña de Azúcar

Caso de estudio caña de azúcar: Incidencia de “El Niño” – Oscilación del Sur (ENOS) sobre la productividad del cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (Colombia)

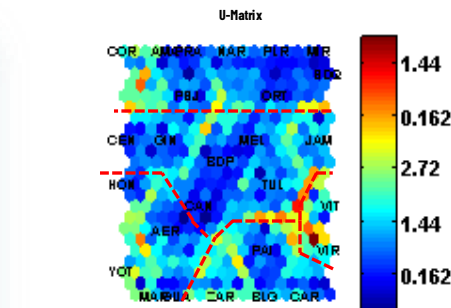
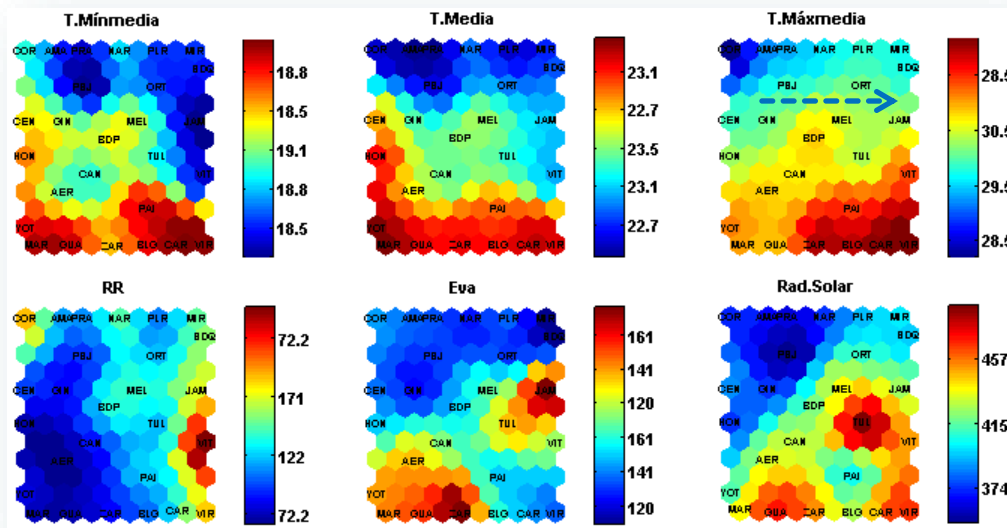


Objetivo General:

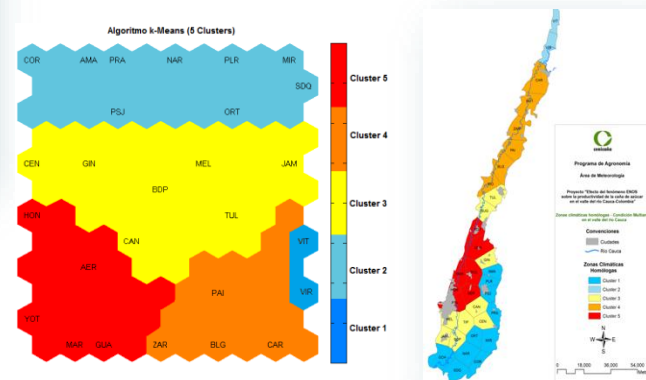
- Evaluar el efecto del fenómeno océano-atmosférico “El Niño”-Oscilación del Sur (ENOS) sobre la productividad del cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca.
- Cuantificar los efectos de los eventos “El Niño” y “La Niña” sobre los indicadores de productividad TCH (tonelada de caña por HA), TAH (tonelada de azúcar por ha) y RC (rendimiento del cultivo) del cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca.
- Generar un modelo matemático-probabilístico de los indicadores de productividad, en función de variables climáticas regionales y de manejo agronómico del cultivo.

Clustering de variables climáticas

- Se consideran en total 10 variables climáticas: 2 energética, 3 térmicas, 2 hídricas y 3 hígricas

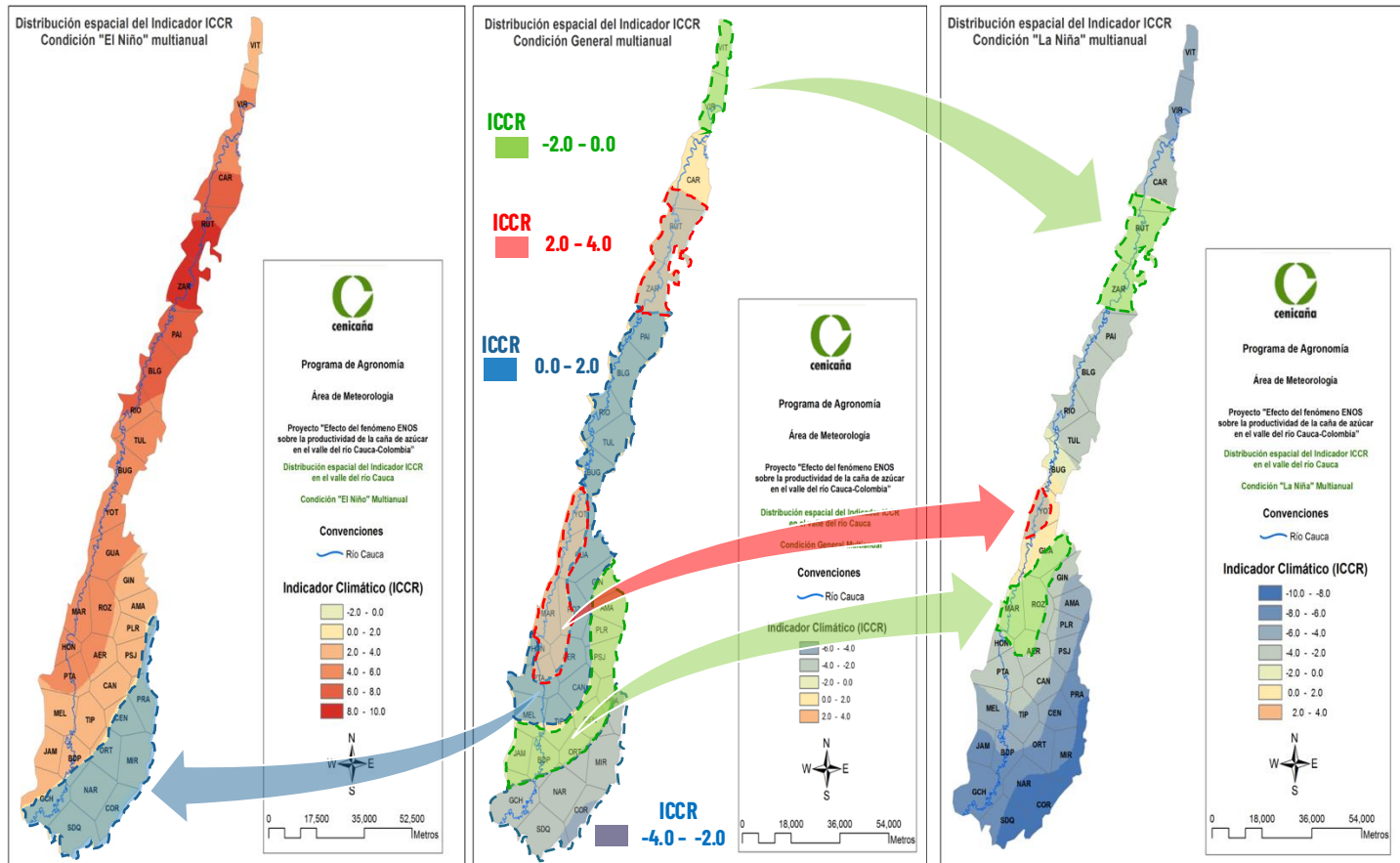


Clustering generalizado "U-Matrix"



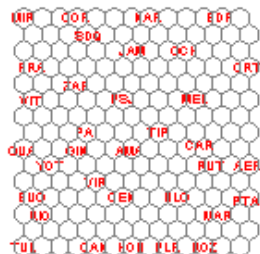
Aplicación del algoritmo K-Means a la red "U-Matrix" con el fin de identificar las zonas climáticas homólogas

Distribución espacial en diferentes condiciones de macroescala

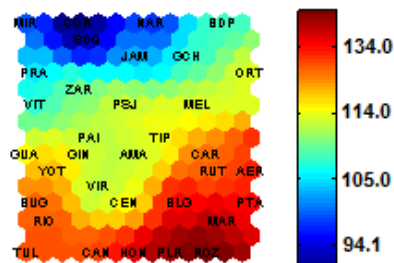


Clustering de Indicadores de productividad

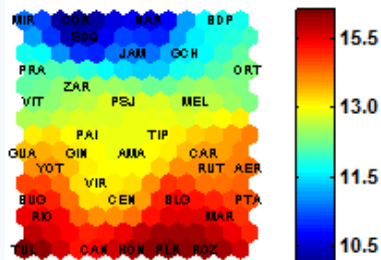
Ubicación de estaciones



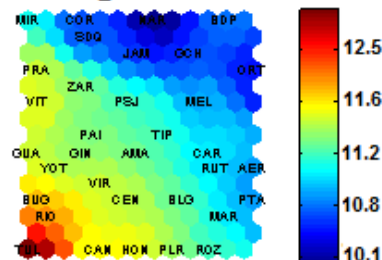
TCH_Multianual



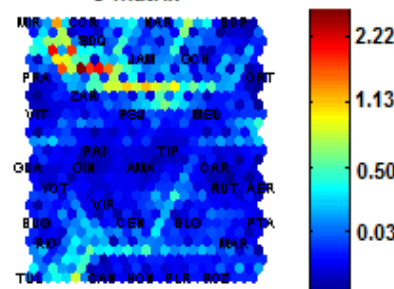
TAH_Multianual



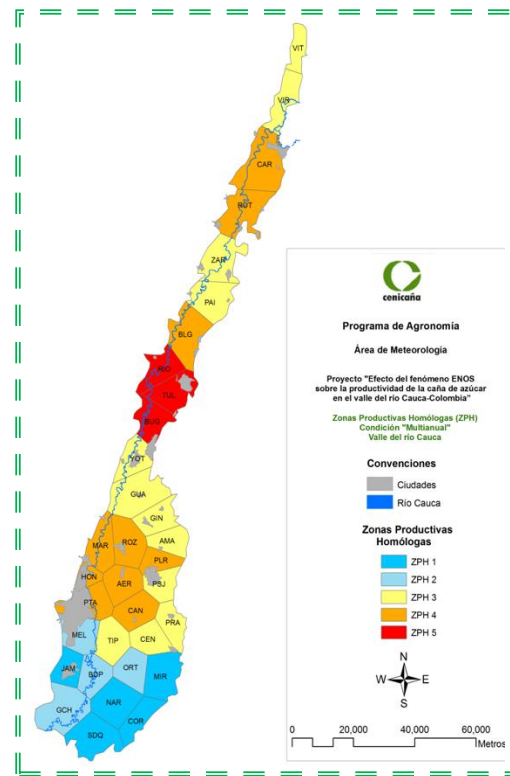
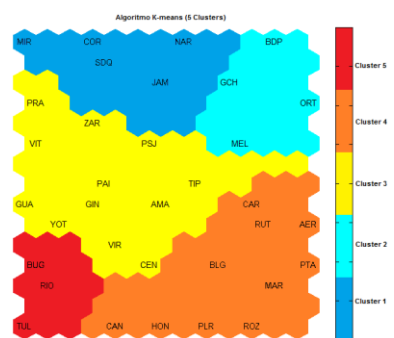
RTO_Multianual



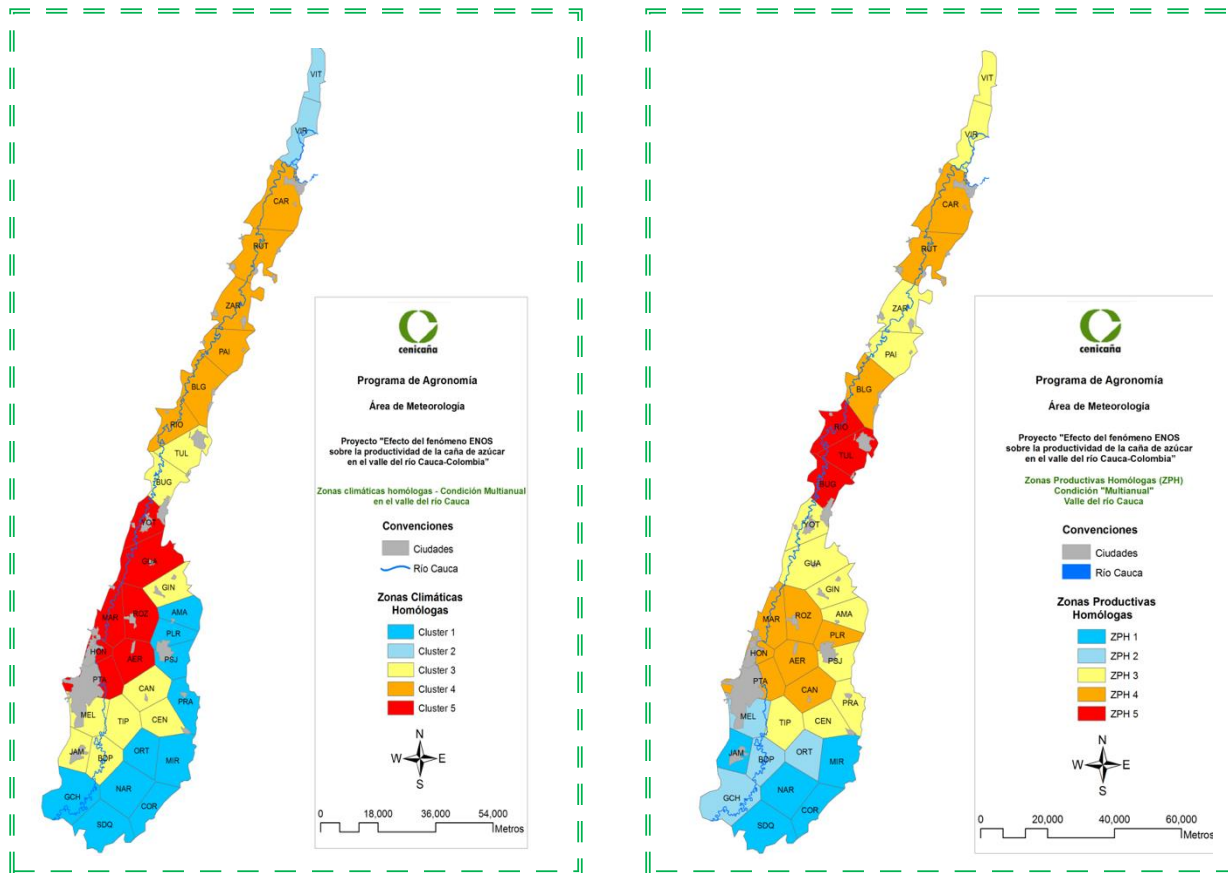
U-matrix



Identificación de Zonas Productivas Homólogas



Relación zonas climáticas y procutivas homólogas

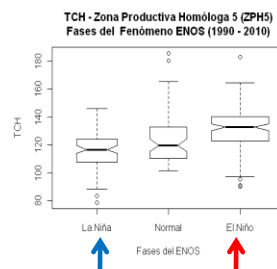
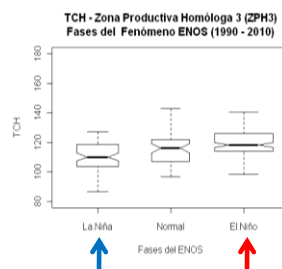
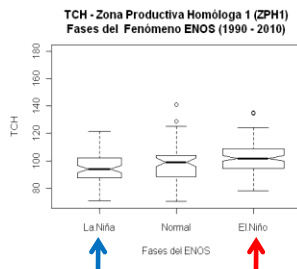


ZPH1

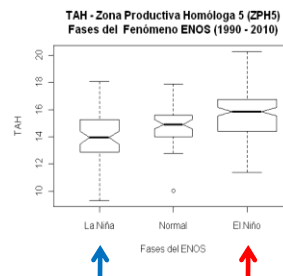
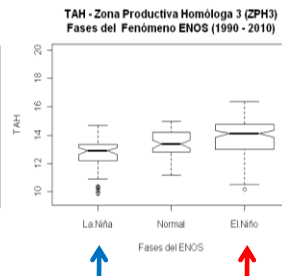
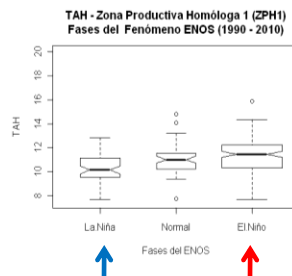
ZPH3

ZPH5

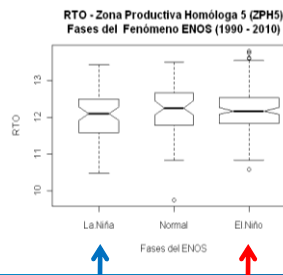
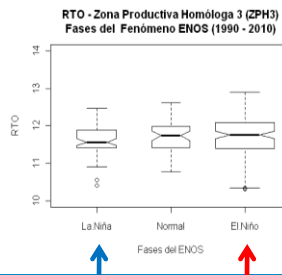
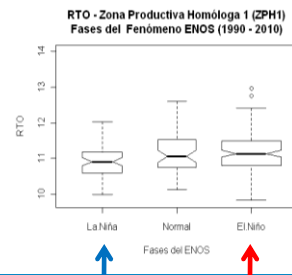
TCH



TAH



RC

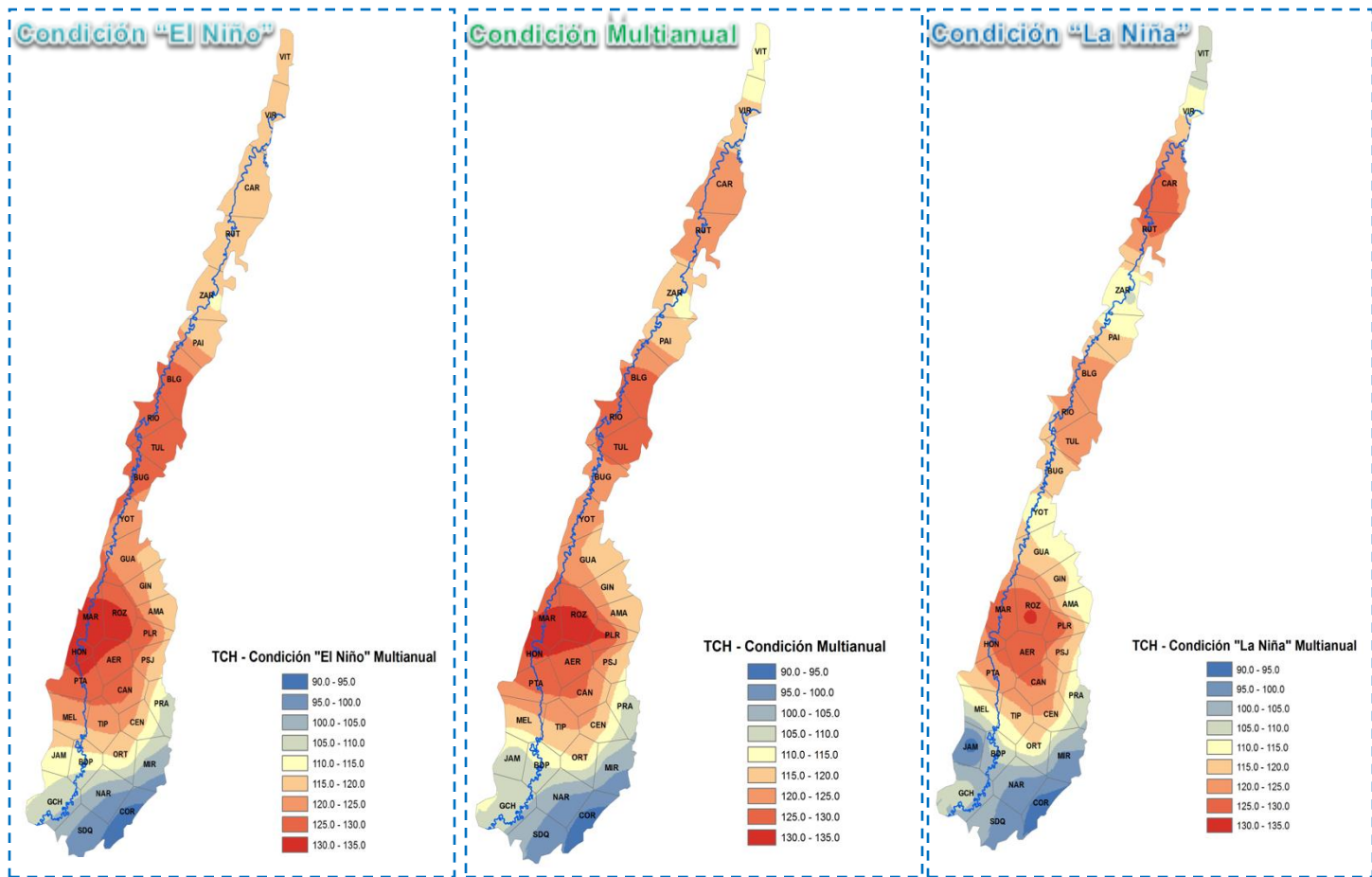


Eventos “El Niño”

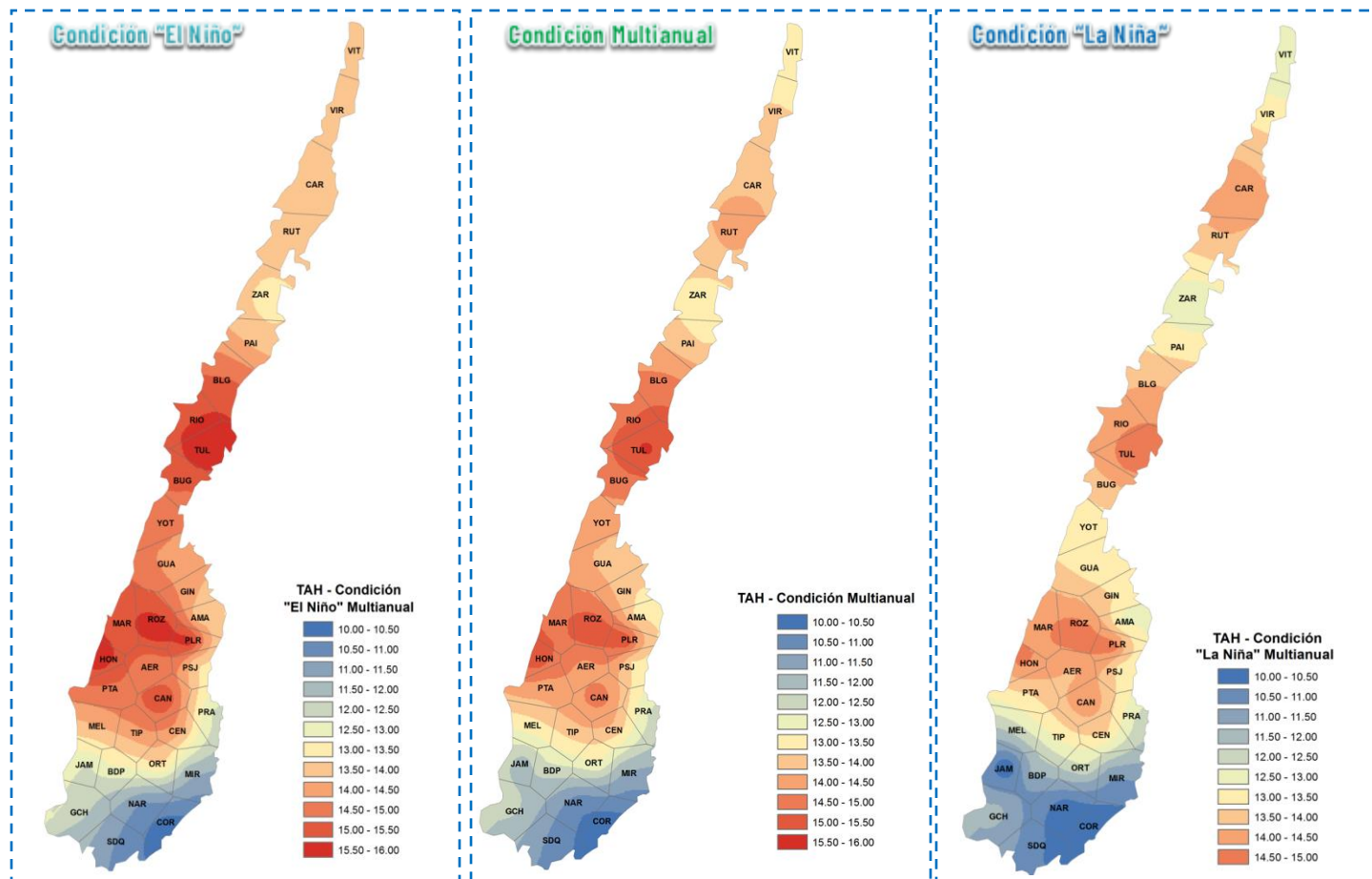
Durante eventos “El Niño” las ZPHs 3 y 5 disminuyen los incrementos generados en la productividad del cultivo de caña de azúcar.

Las ZPH 4 y 2 registran ser mayorías afectadas, con porcentajes del 70% en ZPH 4 y 60% en ZPH 2, en total 54% y 31% y 0% y 0% respectivamente.

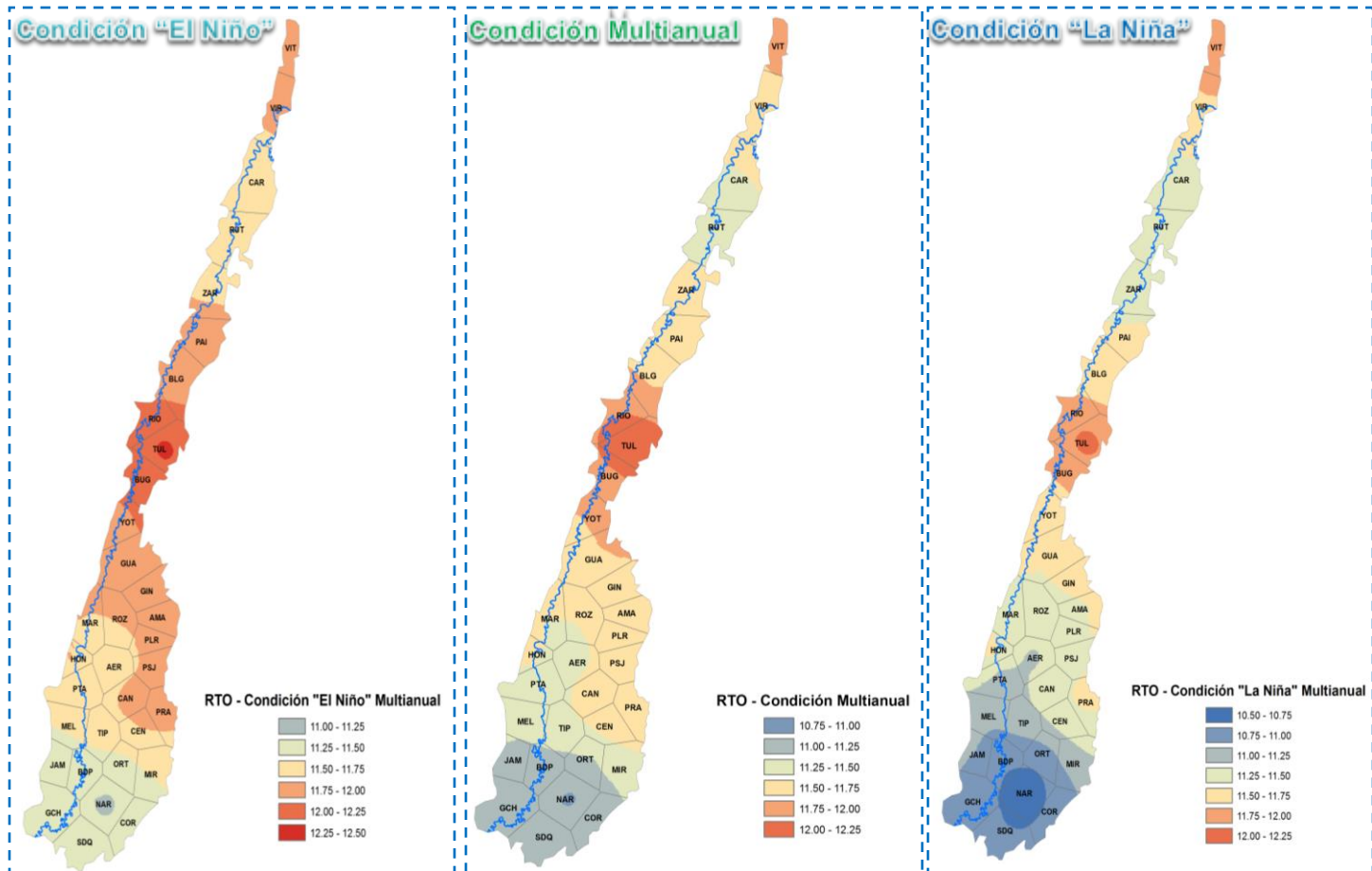
Distribución espacial del TCH promedio bajo diferentes condiciones de macroescala



Distribución espacial de TAH promedio bajo diferentes condiciones de macroescala



Distribución espacial del Rendimiento commercial bajo diferentes condiciones de macroescala



Incidencia de variables climáticas regionales sobre indicadores de productividad

Se pretende encontrar la relación funcional existente entre las variables climáticas que inciden sobre el desarrollo del cultivo y los indicadores de productividad del mismo.



Variables climáticas:
Precipitación acumulada (RR-GM)
Evaporación acumulada (Eva-GM)
Rad. Solar acumulada (Rad-GM)
Osc. Temperatura acumulada (Osc. T-GM)



Variables climáticas:
Humedad relativa (Hr-RC)
Precipitación acumulada (RR-RC)
Evaporación acumulada (Eva-RC)
Rad. Solar acumulada (Rad-RC)
Temperatura media (T.Med-RC)
Tem. Máxima media (T.Máx-RC)
Osc. Temperatura acumulada (Osc. T-RC)



Variables climáticas:
Humedad relativa (Hr-Mad)
Precipitación acumulada (RR-Mad)
Rad. Solar acumulada (Rad-Mad)
Temperatura media (T.Med-Mad)
Tem. Máxima media (T.Máx-Mad)
Osc. Temperatura acumulada (Osc. T-Mad)

Establecer una medida de la relación existente entre:

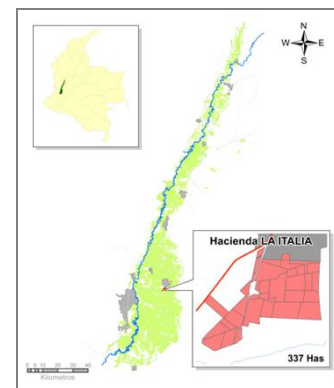
Indicadores de productividad

Condiciones del clima

Actividades agronómicas

Información del cultivo

El tipo de suelo



Implementación de modelos de regresión, a partir de Redes Neuronales Artificiales (RNA)

Implementación de modelos de regresión, a partir de Redes Neuronales Artificiales (RNA)

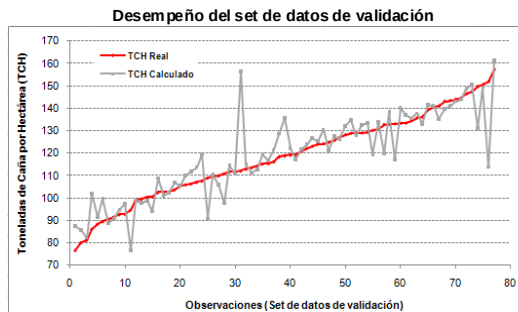
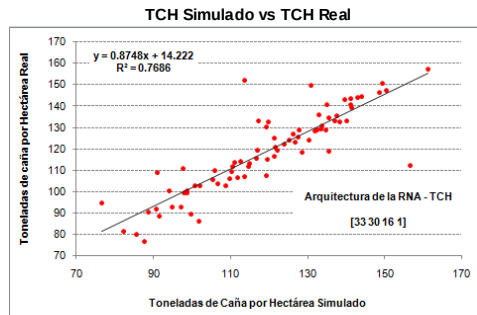
Información relacionada con el clima
Condición ENSO al momento de iniciar el cultivo
Precipitación total acumulada en toda la etapa del cultivo
Osc. Temperatura total acumulada en toda la etapa del cultivo
Radiación solar total acumulada en toda la etapa del cultivo
Precipitación total acumulada en la etapa de germinación y macollamiento
Radiación Solar total acumulada en la etapa de germinación y macollamiento
Precipitación total acumulada en la etapa de rápido crecimiento
Osc. Temperatura total acumulada en la etapa de rápido crecimiento
Radiación solar total acumulada en la etapa de rápido crecimiento
Humedad relativa media en la etapa de maduración
Osc. Temperatura total acumulada en la etapa de maduración
Información relacionada con el cultivo
Edad
Variedad
Información relacionada con suelos
Orden de suelo
Información relacionada con labores de cosecha
Número de cortes
Tipo de corte (Mecánico / Manual)
Corte (Quema / verde)

Actividades relacionadas con mecanización
Distancia de siembra entre surcos
Tipo de labranza de preparación
Subsolado (SI / No)
Momento del subsolado - Días después de la cosecha
Tipo de encalle
Aporque (Si / No)
Actividades relacionadas con fertilización
Número de fertilizaciones
Tipo de aplicación del fertilizante
Momento de aplicación
Unidades de Nitrógeno
Unidades de Potasio
Aplicación de bio-estimulantes (Si / No)
Actividades relacionadas con control de malezas
Control de malezas (Si / No)
Actividades relacionadas con aplicación de madurantes
Momento de aplicación - Días antes de la cosecha
Productos aplicados como madurantes
Actividades relacionadas con aplicación de riego
Número de riegos aplicados en la etapa del cultivo

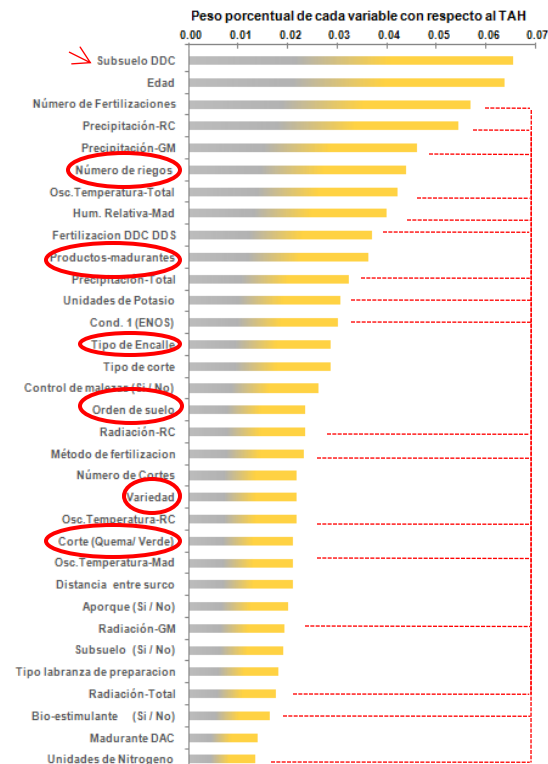
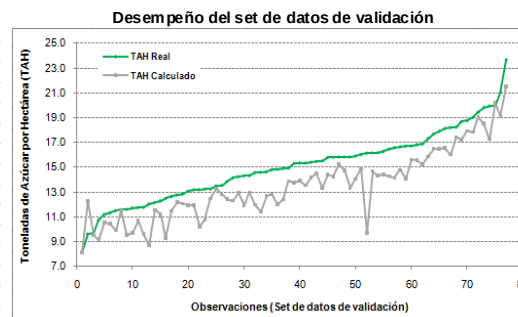
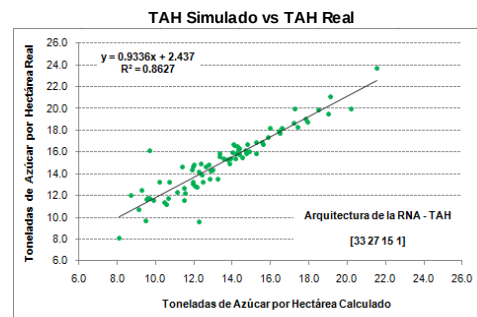
TCH y TAH en función de variables climáticas y manejo agronómico

Análisis de Relevancia Métrica

TCH



TAH



Una vision

Información en las manos
de los agricultores



Una realidad

Información en las manos
de los agricultores



Fundamentos en Análisis de Información y Minería de Datos para Agricultura (BigData)

Pre-registro



Resiliencia y
Sistemas de Agricultura
en América Latina y
el Caribe



SCAN ME

Curso Presencial
Octubre 2024

Organiza





Gracias



Q&A