

Using crop-climate models for adapting cropping systems to climate variability



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



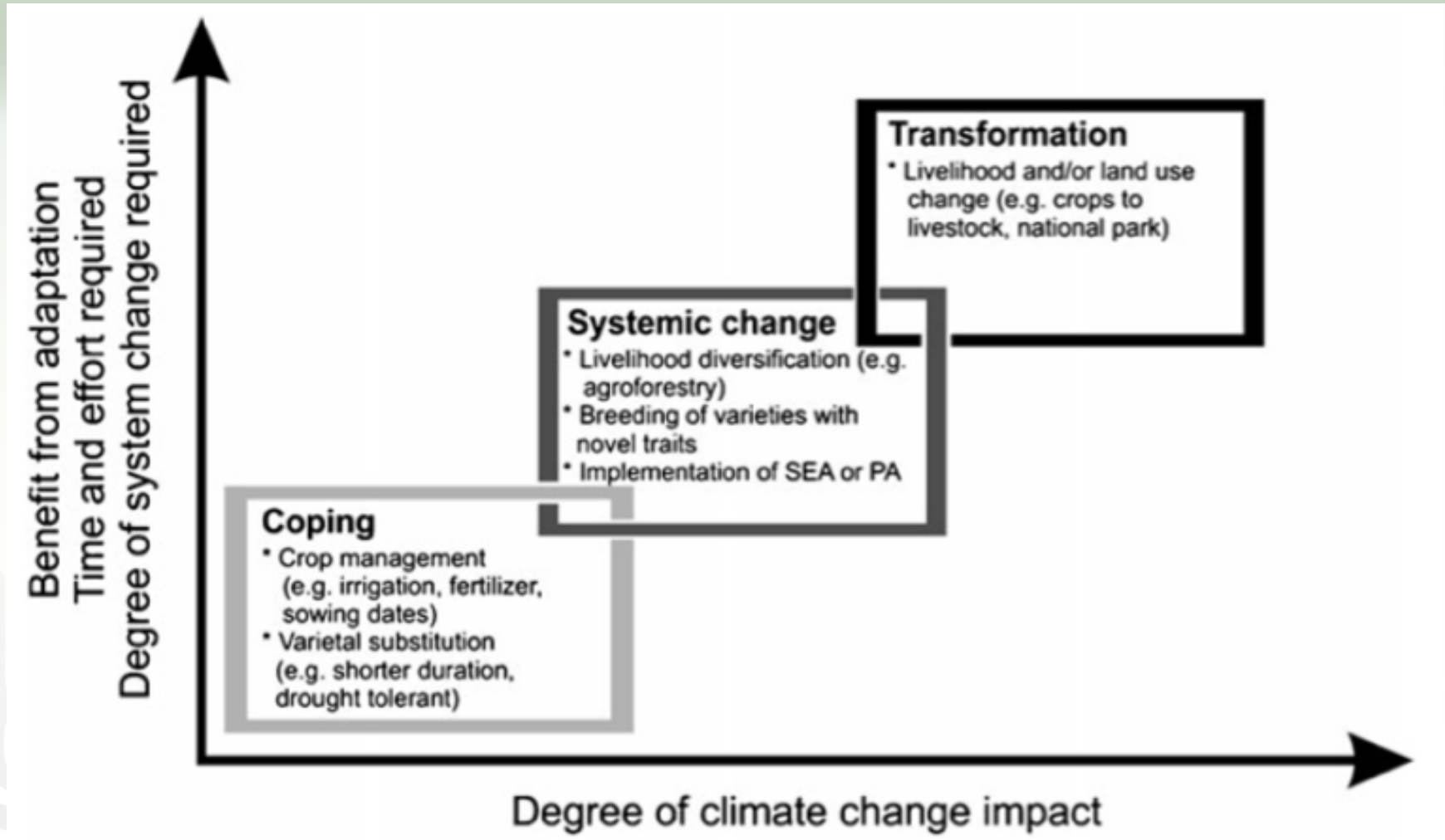
Julian Ramirez-Villegas, et al.

Scientist, International Center for Tropical Agriculture, CIAT, Cali, Colombia

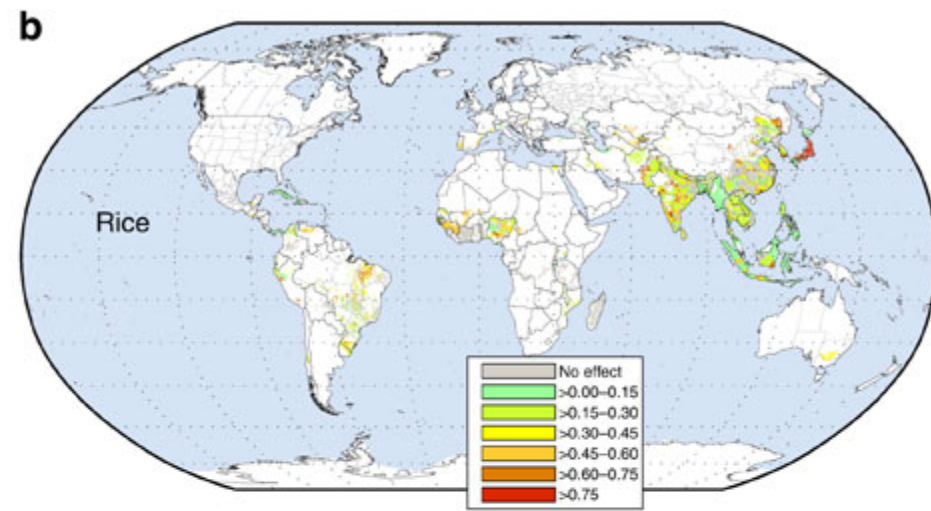
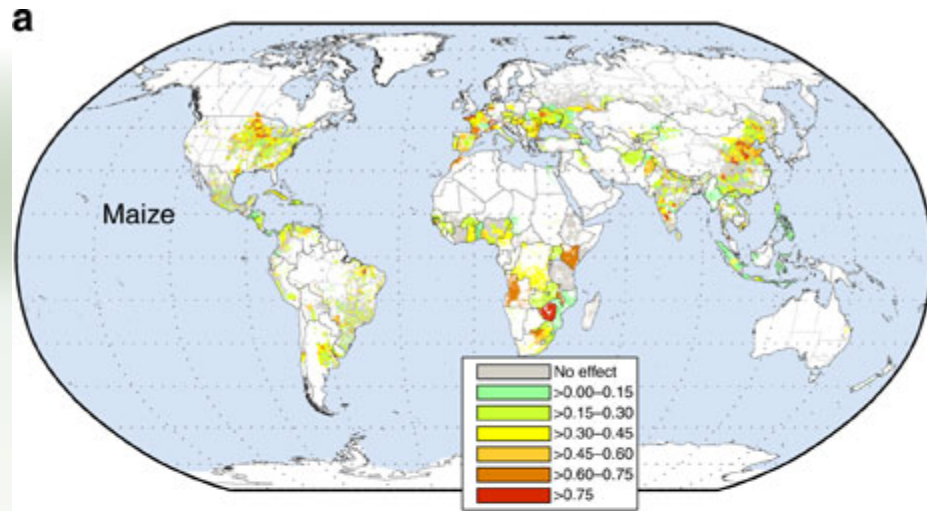
Research Fellow, University of Leeds, UK



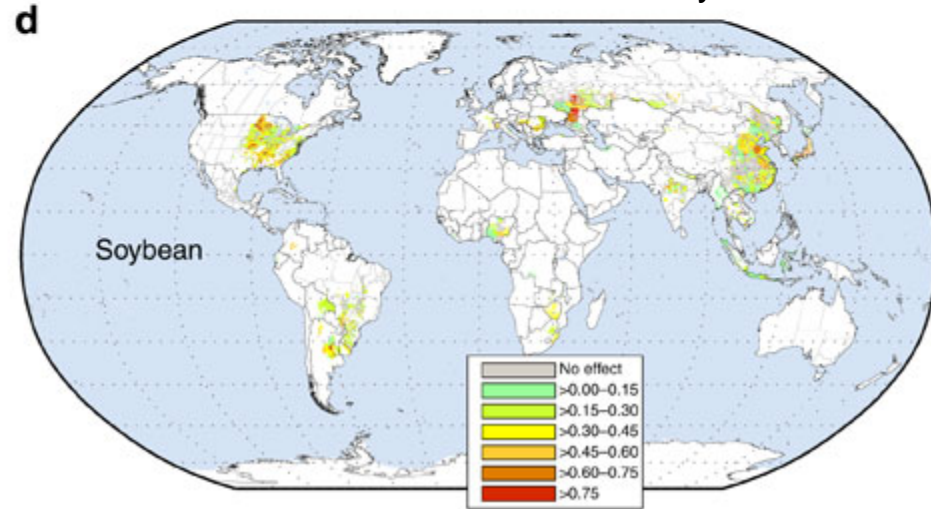
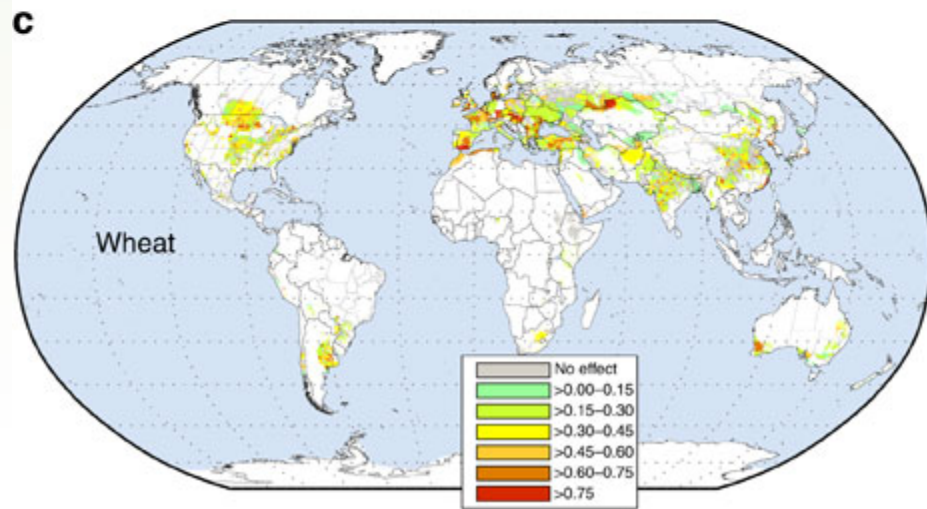
Adaptation across timescales



Agriculture depends on climate



Ray et al. 2015



Climate drives ~32-39% yield variation: our systems are **sensitive** to climate, not *resilient* to it

At a more local scale...



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security

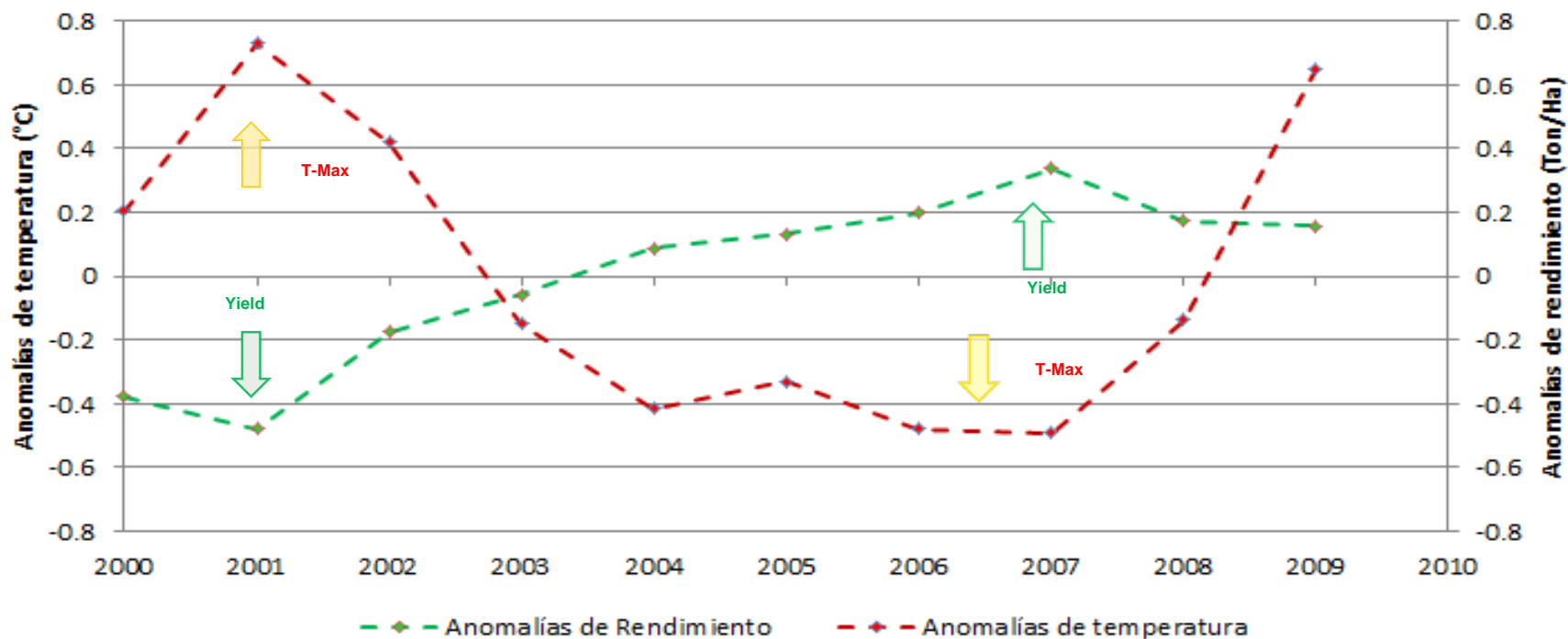


Clima y Sector Agropecuario Colombiano Adaptación para la Sostenibilidad Productiva



Rice crop

Relación de anomalías de Temperatura máxima con anomalías de Rendimiento nacional (Escala anual)



For maize...

Clima y Sector Agropecuario Colombiano

Adaptación para la Sostenibilidad Productiva



Maize – Buga (Valle del Cauca)



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



Tiempo térmico=2627°Ciclo

T. Max=31°C

T. Min=19.3°C

Evapotranspiración=712

Precipitación total=532mm + riego

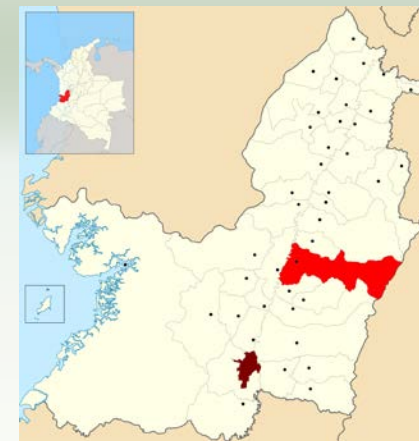
Tiempo térmico=2596°Ciclo

T. Max=32°C

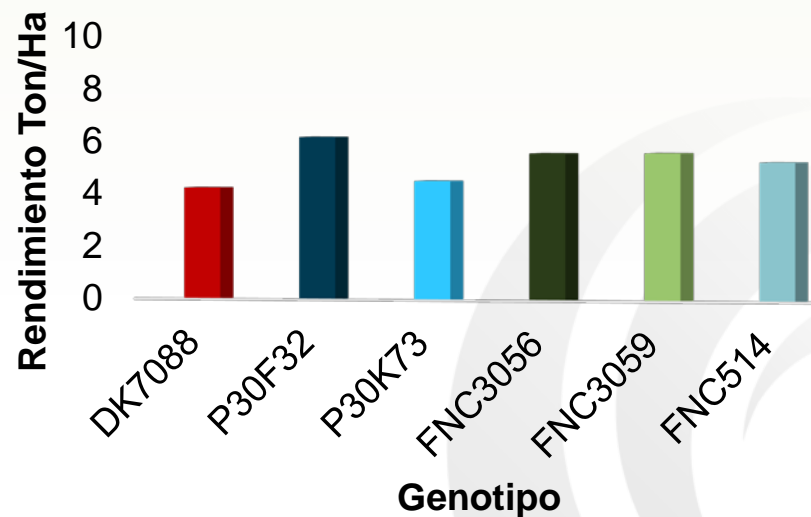
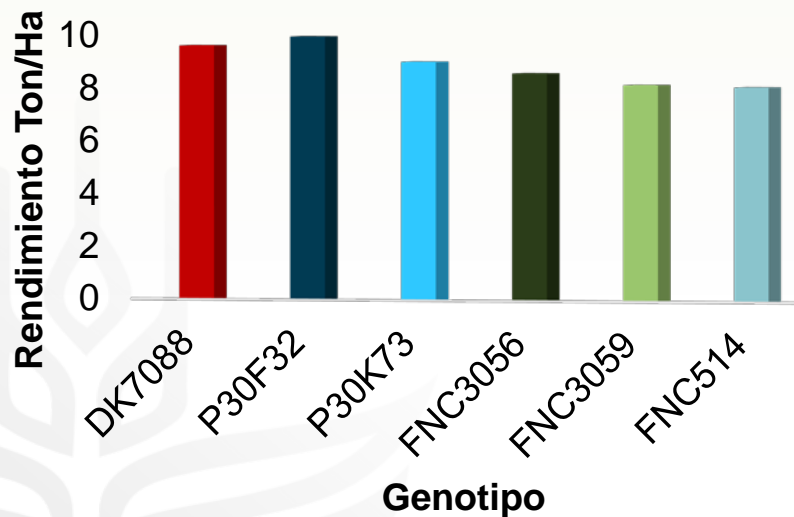
T. Min=19.3°C

Evapotranspiración=714

Precipitación total=635mm + riego



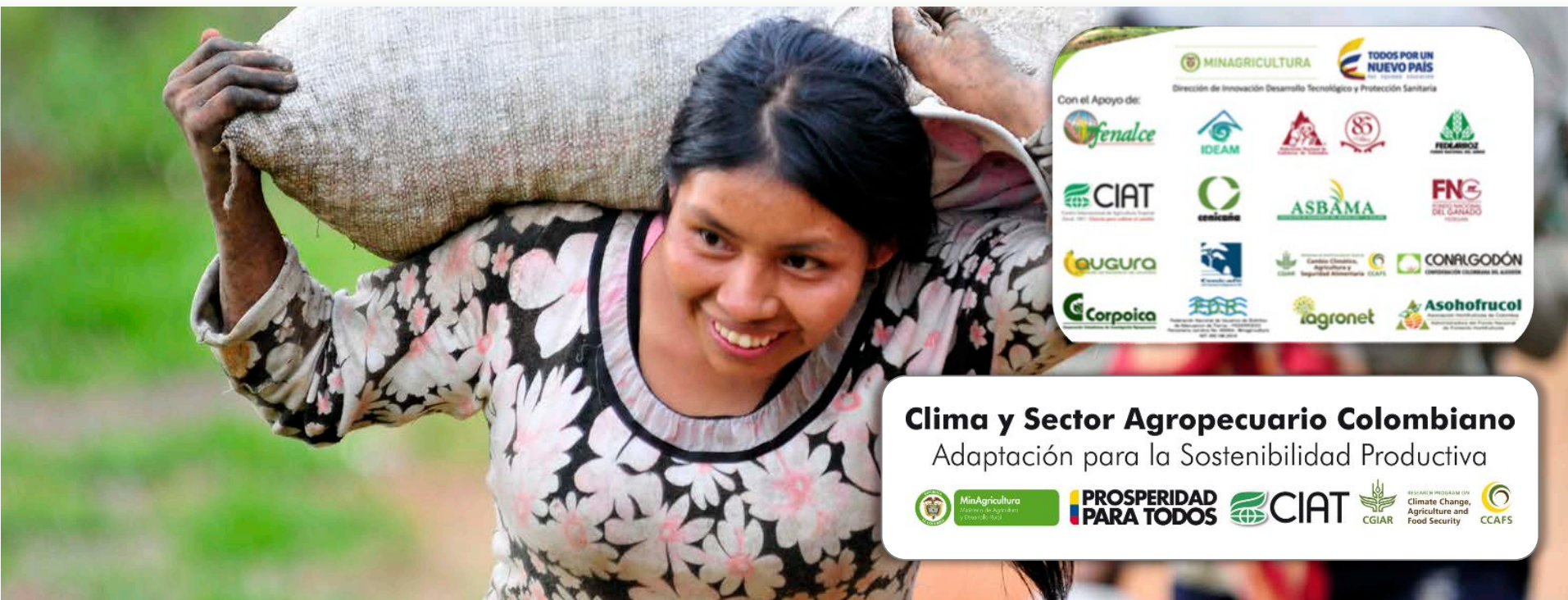
Location



CIAT/CCAFS-MADR Agreement



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



1. Close yield gaps through appropriate management of the climate
2. Avoid crop losses due to climate variability
3. Produce food sustainably, synergistically with the environment

How to achieve these objectives?

Clima y Sector Agropecuario Colombiano
Adaptación para la Sostenibilidad Productiva



Local
Agroclimatic
Committees




Climate-Site-Specific
Management (CSMS)

Improved
crop varieties &
better agronomy



Agroclimatic
forecasts





Socioeconomic
Scenarios



Adaptation Plan for the
Agricultural Sector



Policies
& NAMAs


GHG measurements
methods for
smallholders

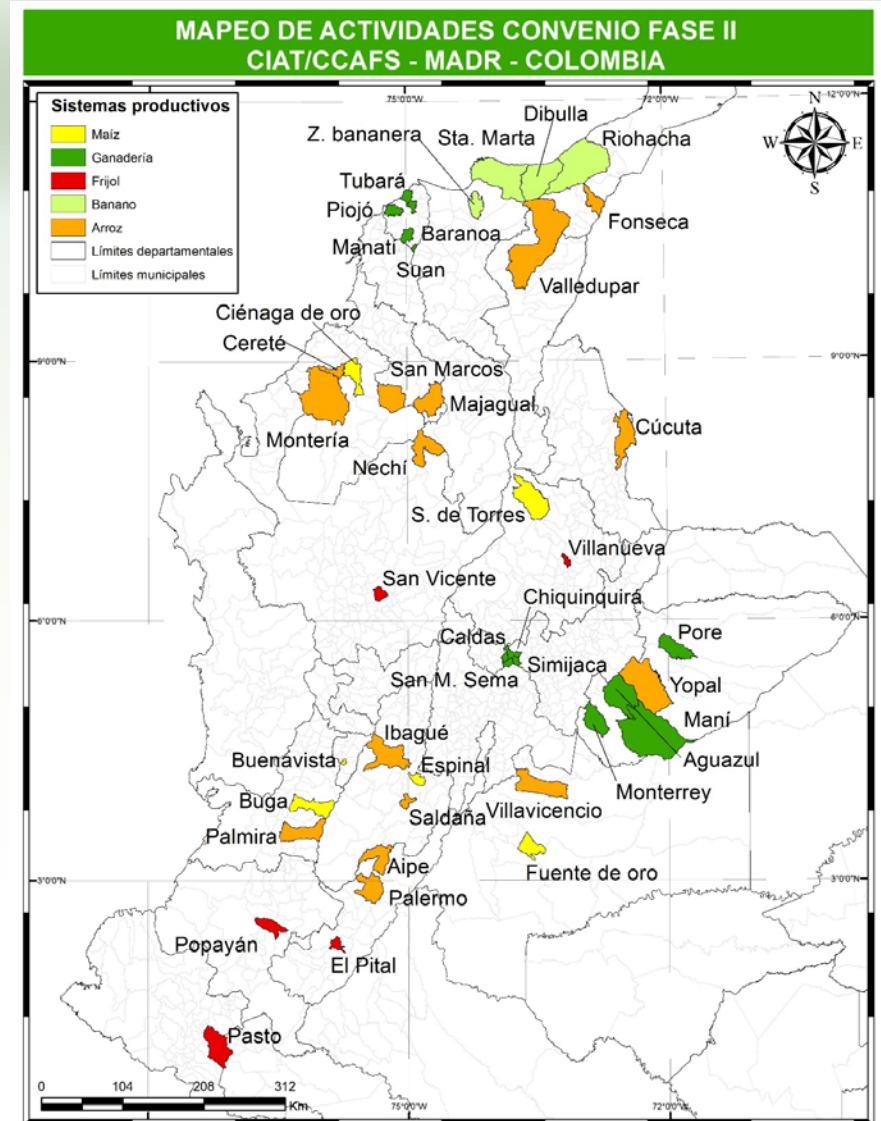
Activities map CIAT/CCAFS-MADR Agreement Phase II



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



Component	Department	Municipality
 RICE	Tolima	Saldaña, Ibagué y Espinal
	Huila	Palermo, Aipe
	Norte Santander	Cucuta
	César	Valledupar
	Cordoba	Montería, cereté
	Casanare	Yopal, Aguazul
	Meta	Villavicencio, Santa Rosa
	Antioquia	Nechí
	Sucre	Majagual, San Marcos
	Valle	Palmira
 BEANS	Guajira	Fonseca
	Santander	Villanueva
	Antioquia	San Vicente
	Nariño	Pasto
	Cauca	Popayán
	Huila	El Pital
 MAIZE	Córdoba	Ciénaga de Oro
	Tolima	Espinal
	Valle del Cauca	Buga
	Quindío	Buenavista
	Santander	Sabana de Torres
 BANANA	Meta	Fuente de oro
	Magdalena	Santa Marta, Rio Frio y Zona Bananera
 LIVESTOCK	Guajira	Riohacha y Dibulla
	Boyacá	San Miguel de Sema, Caldas y Chiquinquirá
	Cundinamarca	Simijaca
	Atlántico	Tubará, Piojó, Baranoa, Manatí y Suán
	Casanare	Aguazul, Monterey, Pore, El Picón y Maní



Climate-smart management to close yield gaps



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



RESEARCH ARTICLE

Assessing Weather-Yield Relationships in Rice at Local Scale Using Data Mining Approaches

Sylvain Delerce^{1*}, Hugo Dorado¹, Alexandre Grillon², Maria Camila Rebolledo³, Steven D. Prager¹, Victor Hugo Patiño¹, Gabriel Garcés Varón⁴, Daniel Jiménez²

- Mining Big Data from rice farms provides a bottom-up approach to improve rice crop management, and increase yields

Site	Total "n"	Max "n" per variety	No. varieties
Cucuta	2471	1290	3
Espinal	756	545	3
Lorica	734	250	3
Palermo (~Aipe)	711	369	4
Valledupar	646	561	2
Saldana	620	267	5
Monteria	537	311	3
Campo Alegre	422	133	4
Yopal (irr)	380	119	5
Ambalema	293	150	3
Ibague	214	214	1
Yopal (rfd)	204	122	3
Villavicencio (rfd)	194	132	2
Villavicencio (irr)	45	45	1

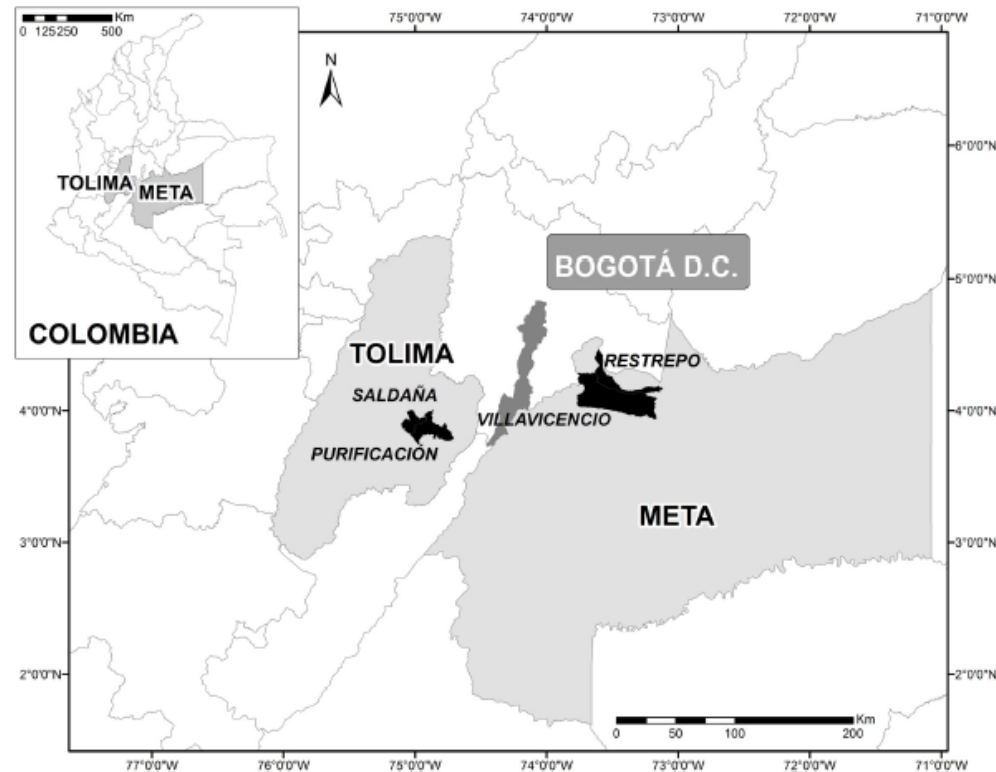


Fig 1. Location map of the study areas.

doi:10.1371/journal.pone.0161620.g001

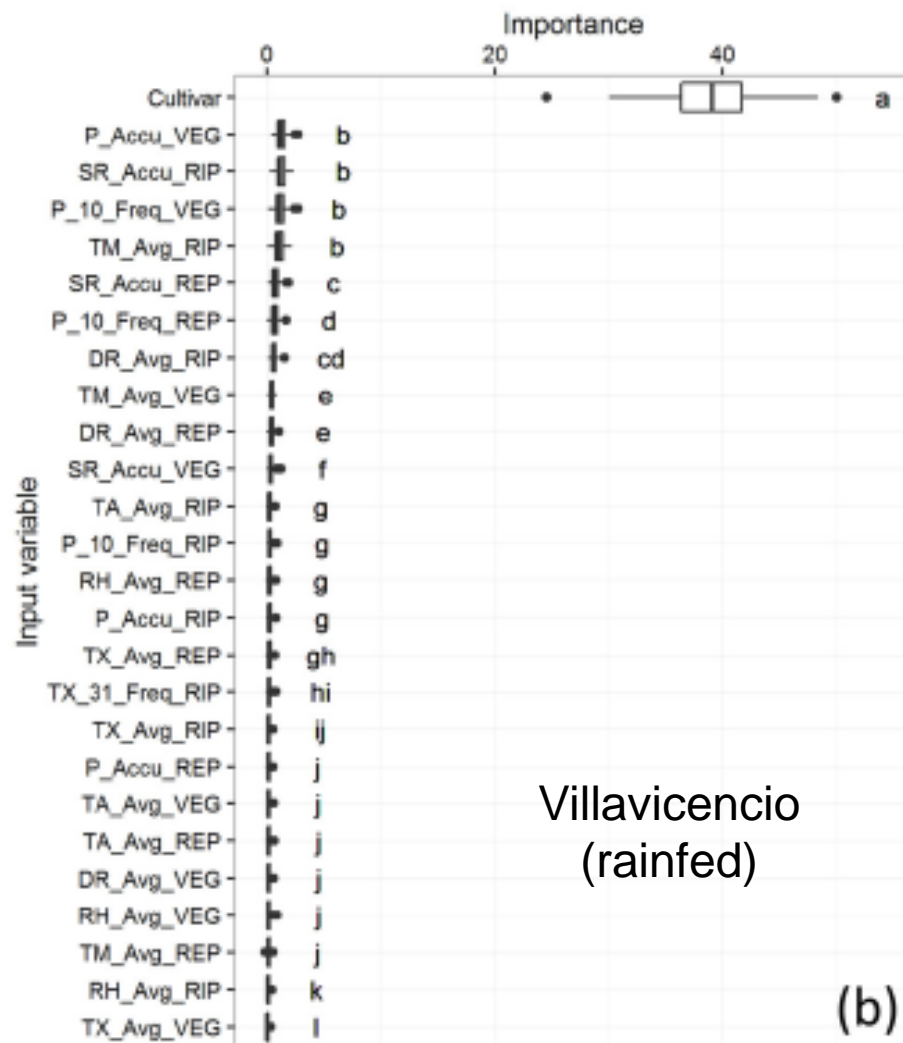
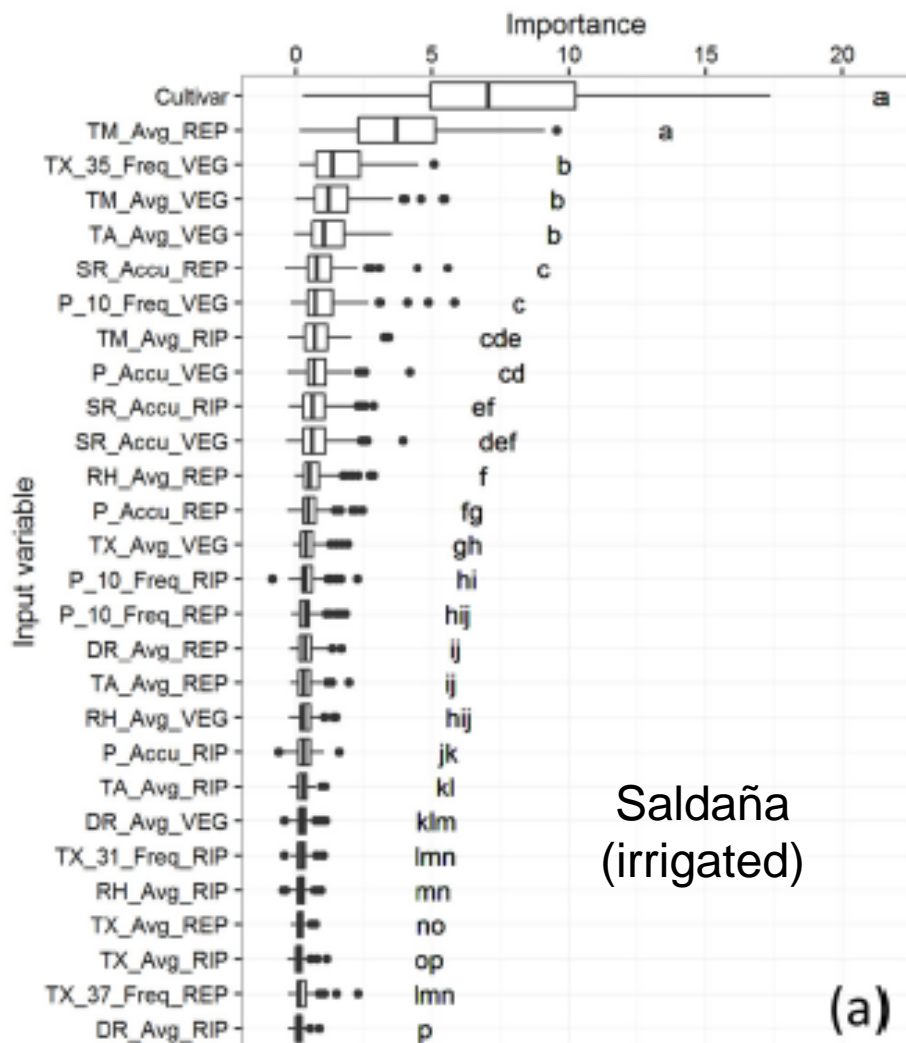
Big data often means noise... so we deal with the noise

Table 4. Comparison of regression methods relative to their ability to handle different types of data problems.

	Linear Models	Neural Networks	Trees	Support Vector Machine
Non-linear relationships	[-] Non-linear relationships require transformation before training the model, which requires prior knowledge.	[+] Neural networks have universal approximation capabilities for non-linear relationships [49]	[+] Can model non-linear relationships.	[+] Can model non-linear relationships.
Natural handling of "mixed" type data	[-] Needs preliminary transformation of categorical variables.	[-] Needs preliminary transformation of categorical variables.	[+] Uses recursive binary partitions. Therefore handles categorical variables inherently.	[-] Needs preliminary transformation of categorical variables.
Handling of missing values	[-] Needs preliminary imputation of missing values	[-] Needs preliminary imputation of missing values	[+] Can use surrogate splits to overcome missing data.	[-] Needs preliminary imputation of missing values
Robustness to outliers and noisy data	[-] Typically influenced by outliers. Therefore needs preliminary filtering of such values.	[-] Known to suffer a lack of robustness towards outliers when using a classical error measure [50]	[+] Resilient to the effects of predictor outliers.	[-] One of the well-known risks of large margin training methods, such as SVMs is their sensitivity to outliers [51]
Insensitive to monotone transformations of inputs	[-] Typically influenced by any transformation of the inputs.	[-] Typically influenced by any transformation of the inputs.	[+] Invariant under (strictly monotone) transformations of the individual predictors.	[-] Typically influenced by any transformation of the inputs.
Ability to deal with irrelevant inputs	[+] Assigns a low coefficient to irrelevant inputs.	[-] Does not cope well with irrelevant input.	[+] Performs internal feature selection. Thereby resistant to inclusion of many irrelevant predictors.	[-] Does not cope well with irrelevant input.
Interpretability	[+] White-box model.	[-] Black-box model.	[+] Grey-box model. Tends to be white-box if the number of splits is small.	[-] Black-box model.
Ability to deal with correlated predictors	[-] Needs previous filtering of such correlated predictors.	[-] Needs previous filtering of such correlated predictors.	[-] Needs previous filtering of such correlated predictors.	[-] Needs previous filtering of such correlated predictors.

([+] = good, [-] = poor).

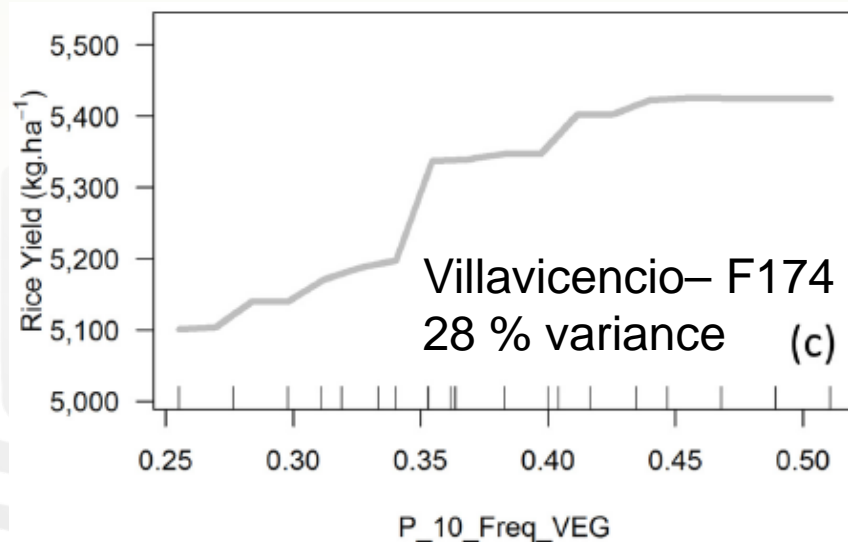
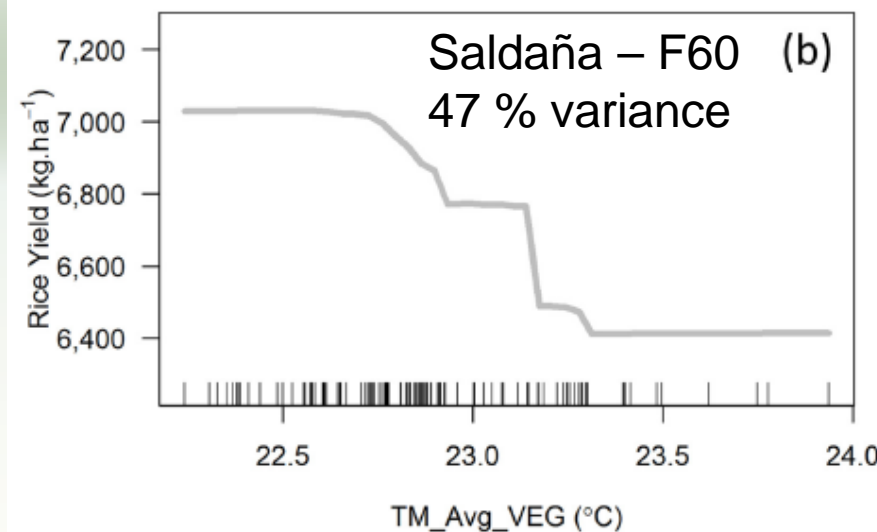
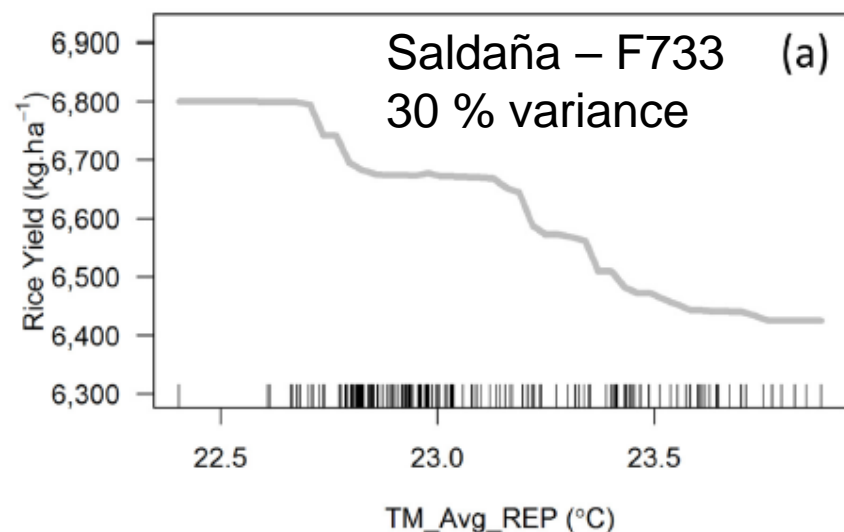
We cannot generalise a site-specific response, but a site-by-variety response



GxE response –but at farm level



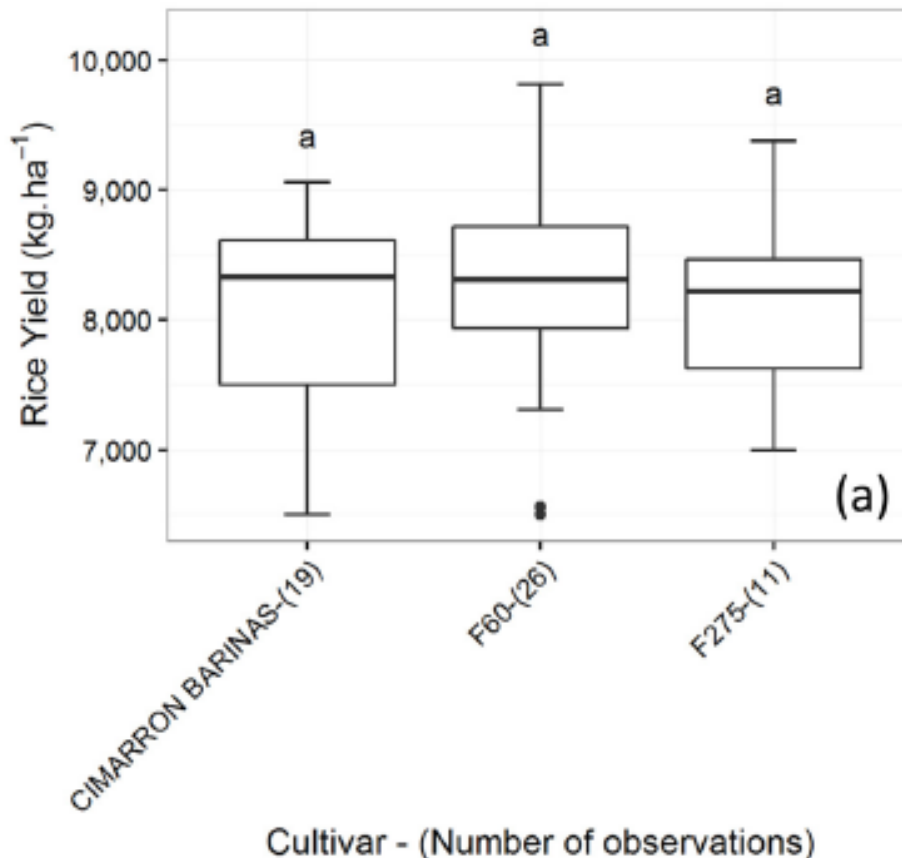
RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



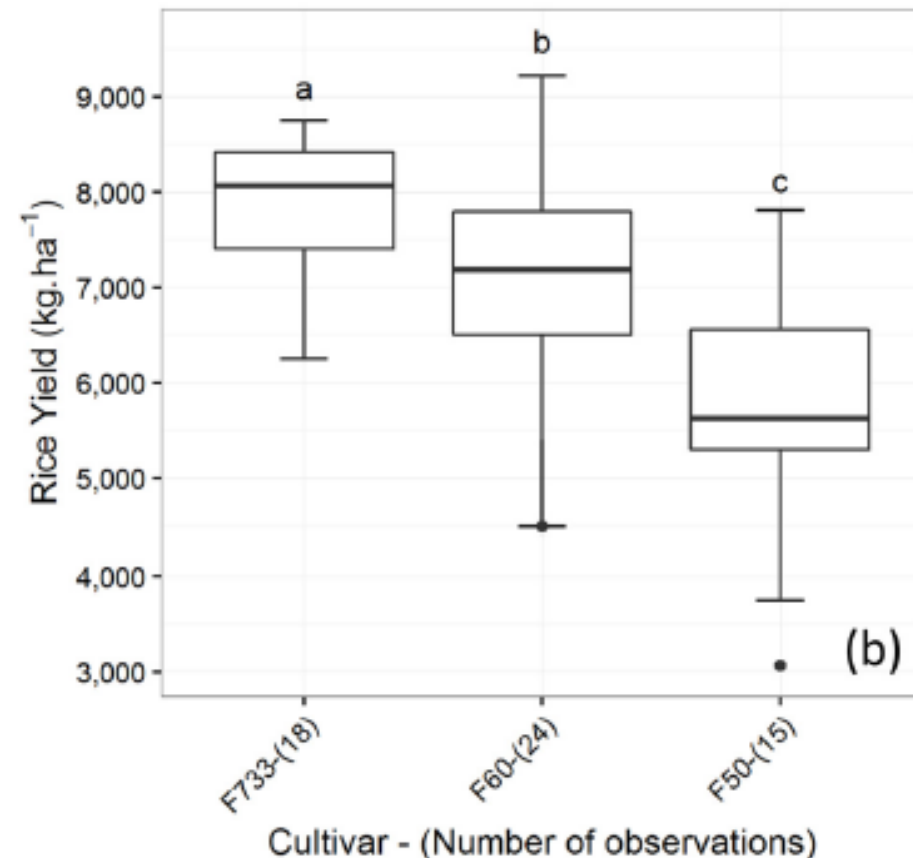
- We now understand what climate variability can cause to rice across the country
- And what aspects of climate are important
- For a given condition we develop management recommendations...

For example... we look into which varieties perform best in particular climatic conditions

Highest yielding environment



Moderately high yielding environment



And... results cover a large portion of the country



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



Currently implemented with 5,000+ farmers, 50,000 observations (not only for rice), and for 6 countries in LAC (CO, PE, NI, AR, UR and MX)

Córdoba: 56% (irrigated)
Temperature in grain filling phase

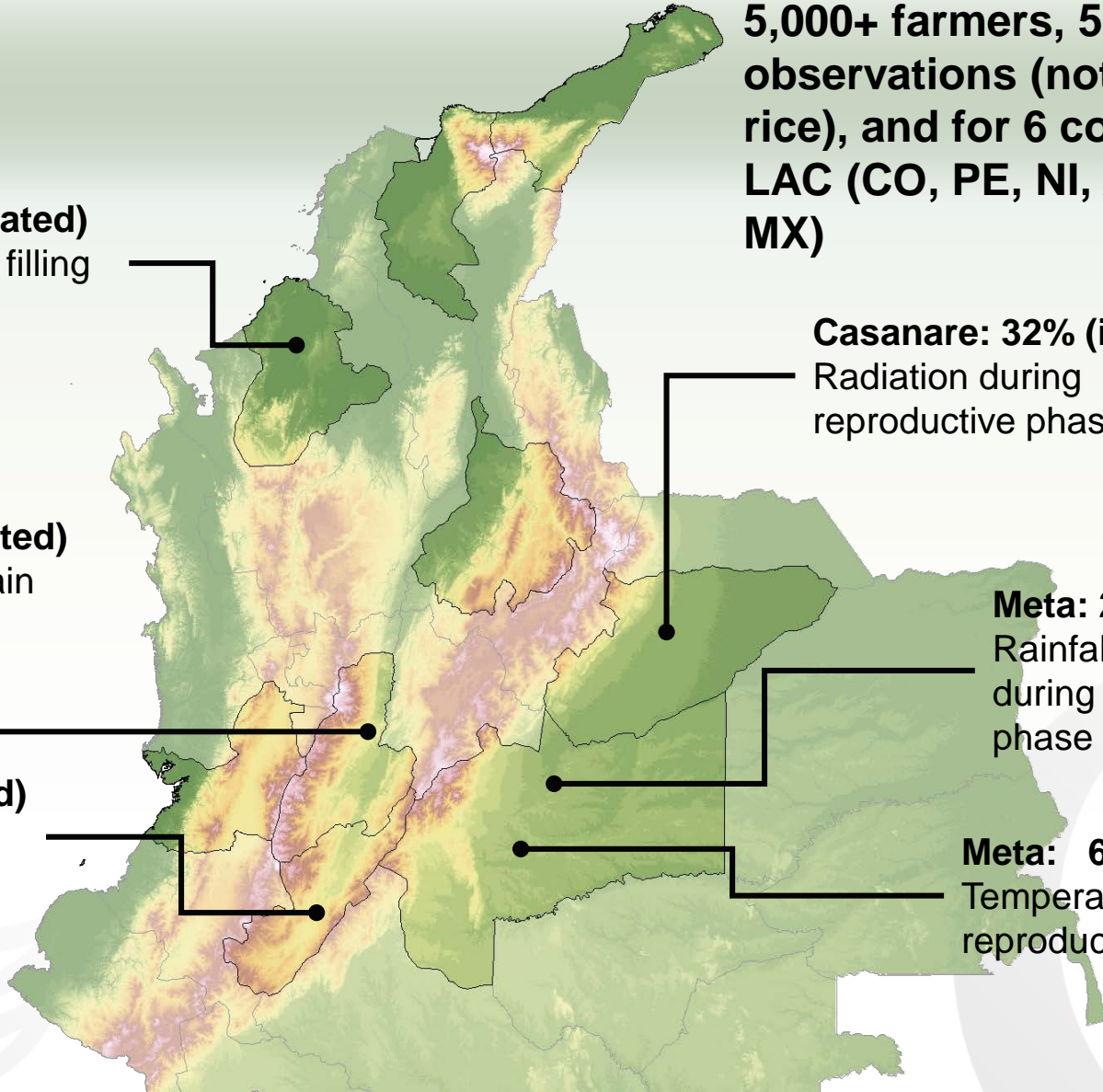
Tolima: 41% (irrigated)
Radiation during grain filling

Huila: 28% (irrigated)
Temperature during flowering

Casanare: 32% (irrigated)
Radiation during reproductive phase

Meta: 29% (rainfed)
Rainfall distribution during vegetative phase

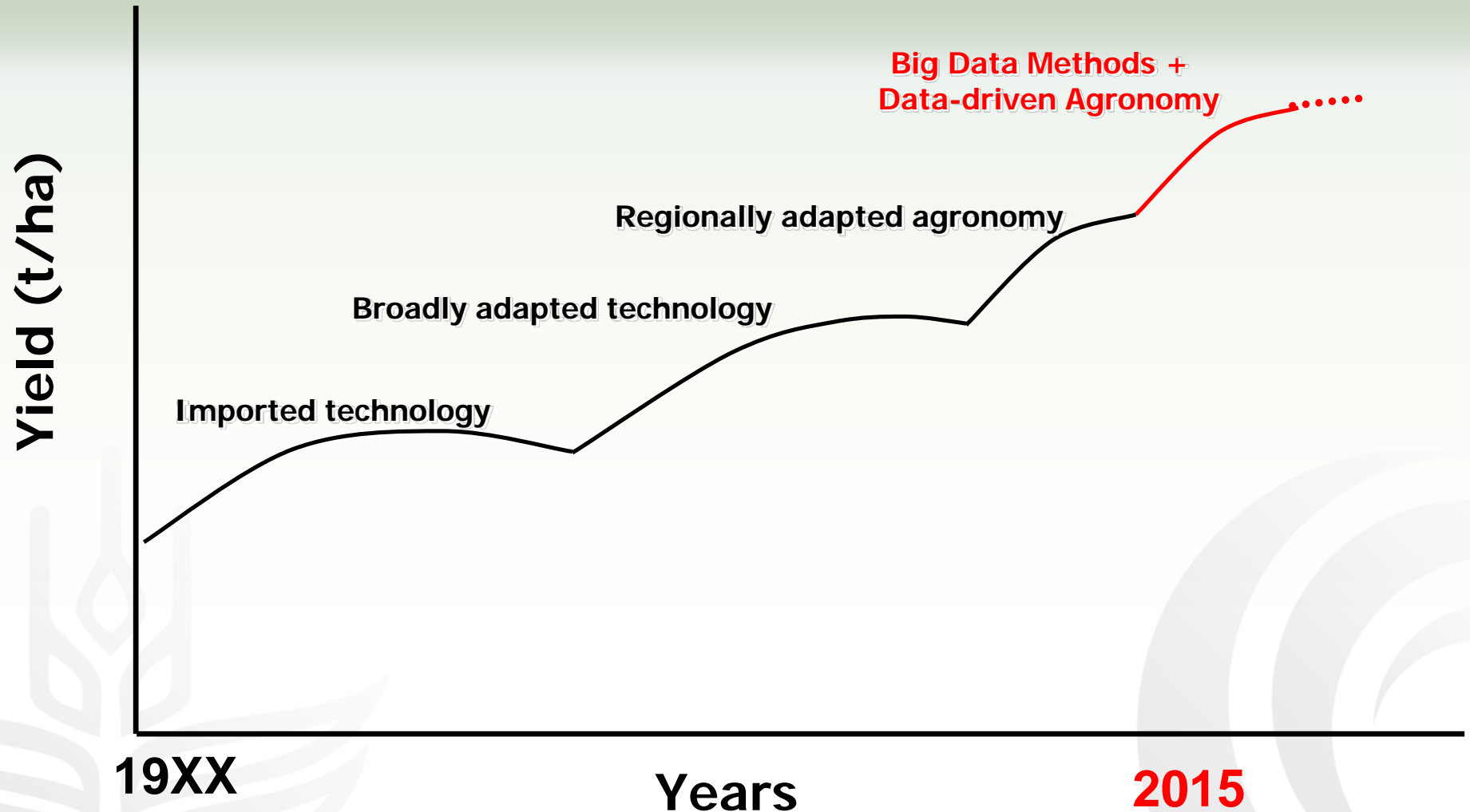
Meta: 61% (irrigated)
Temperature during reproductive phase



Towards a data-driven agronomy



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security





RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



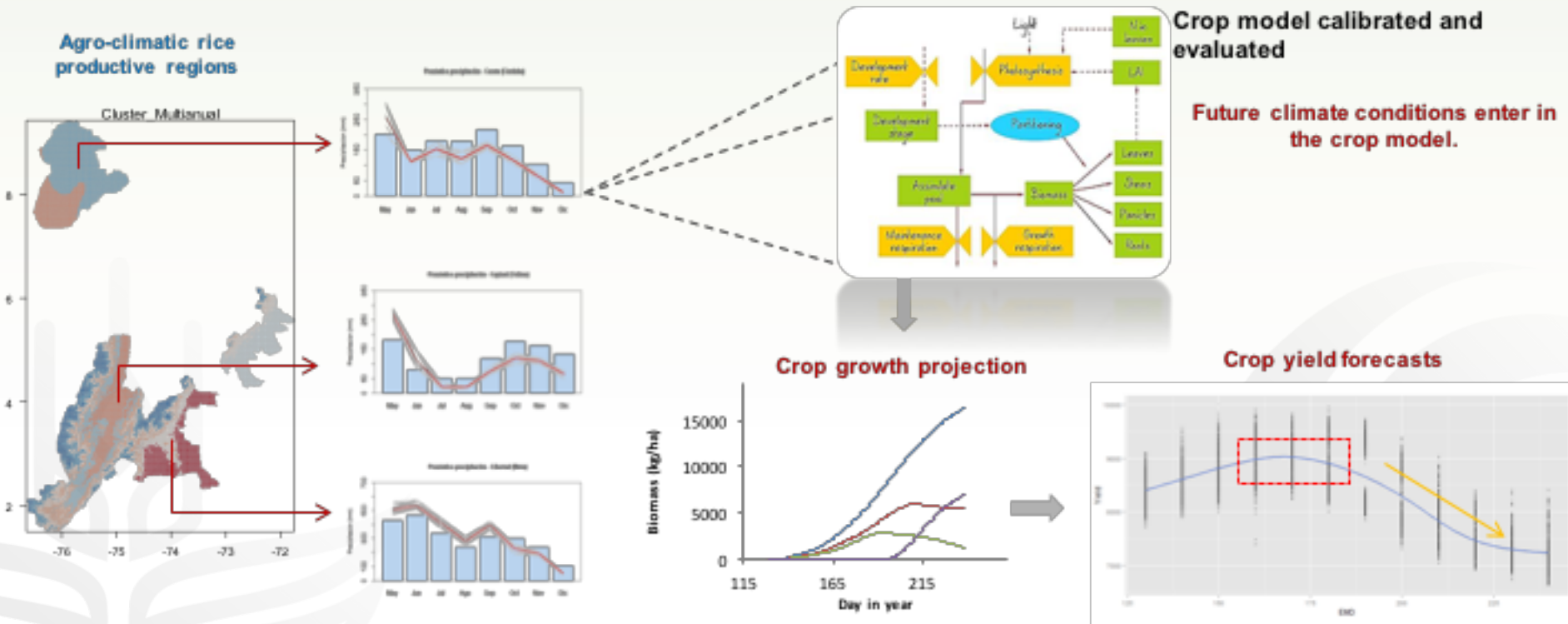
Agroclimatic Forecasting



Generating agroclimatic seasonal forecast for productive regions in Colombia

How do we do it?

Establish agro-climatic forecasts using seasonal climate prediction models and crop models (mechanistic models) to inform when and what to plant?



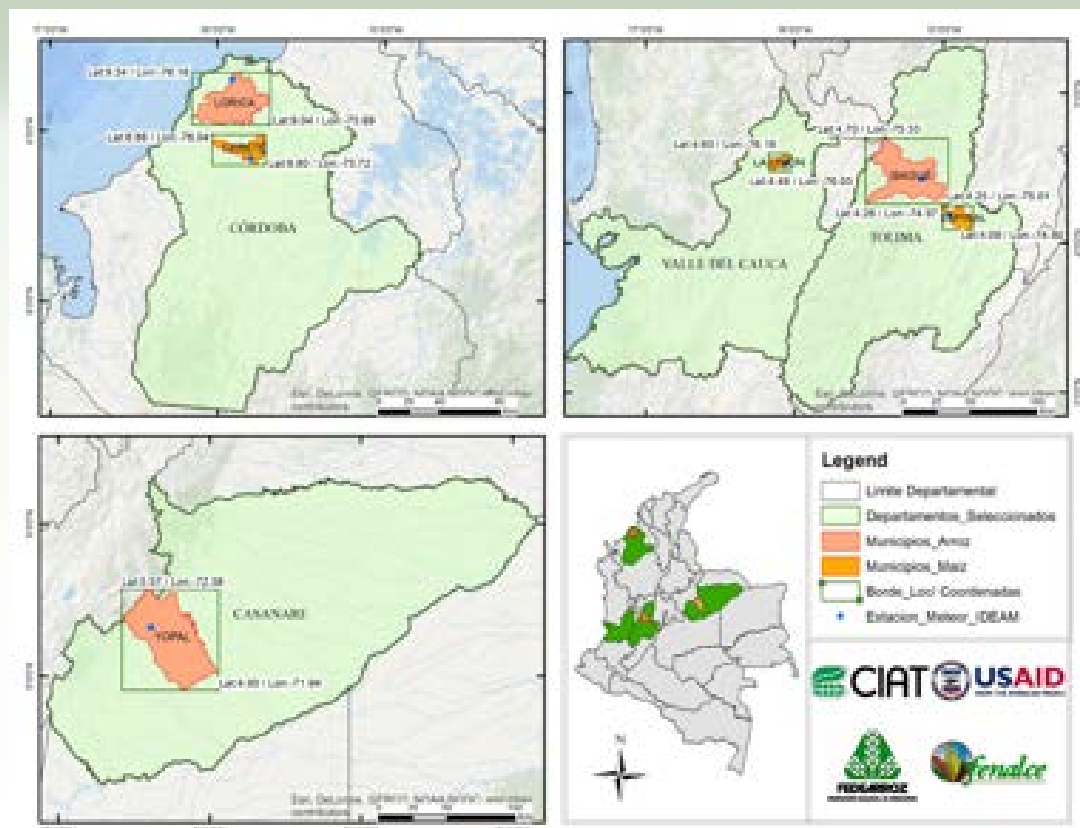
1. Understand seasonal climate predictability across Colombia



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security

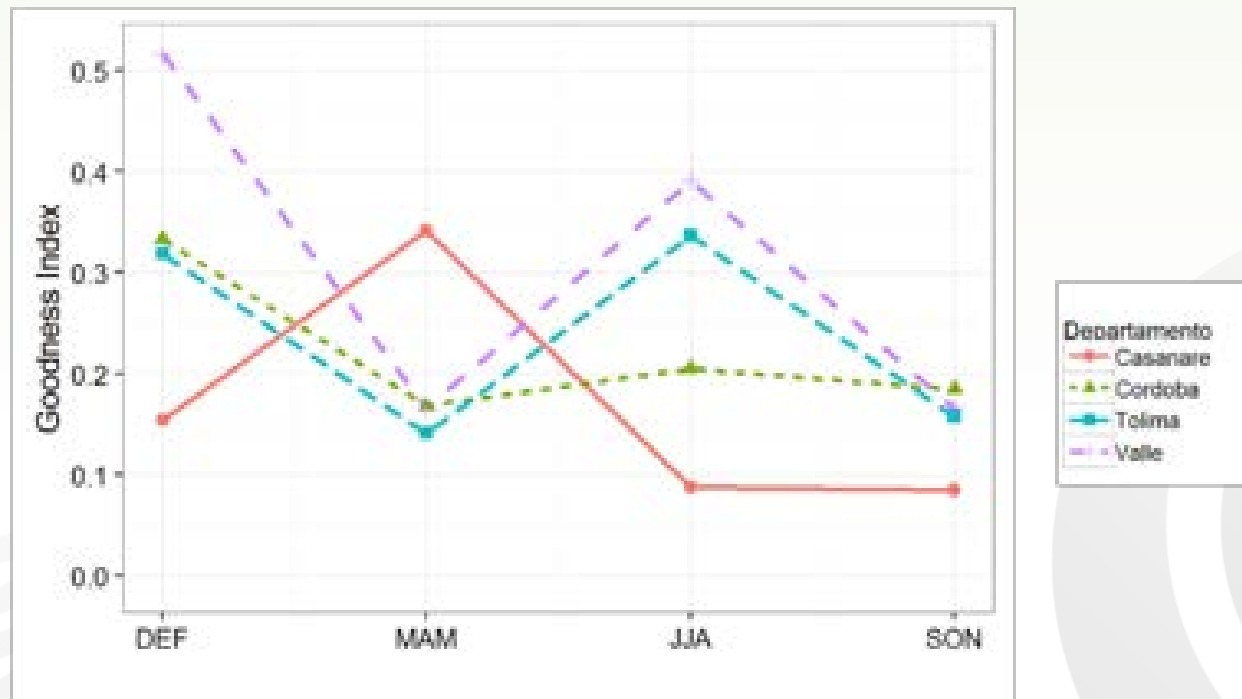


- Understanding predictability limits helps to know how much information we can really provide
- First predictability study across regions, with focus on agriculture
- Four departments that grow rice and maize
- Used statistical forecast models with SST as predictor

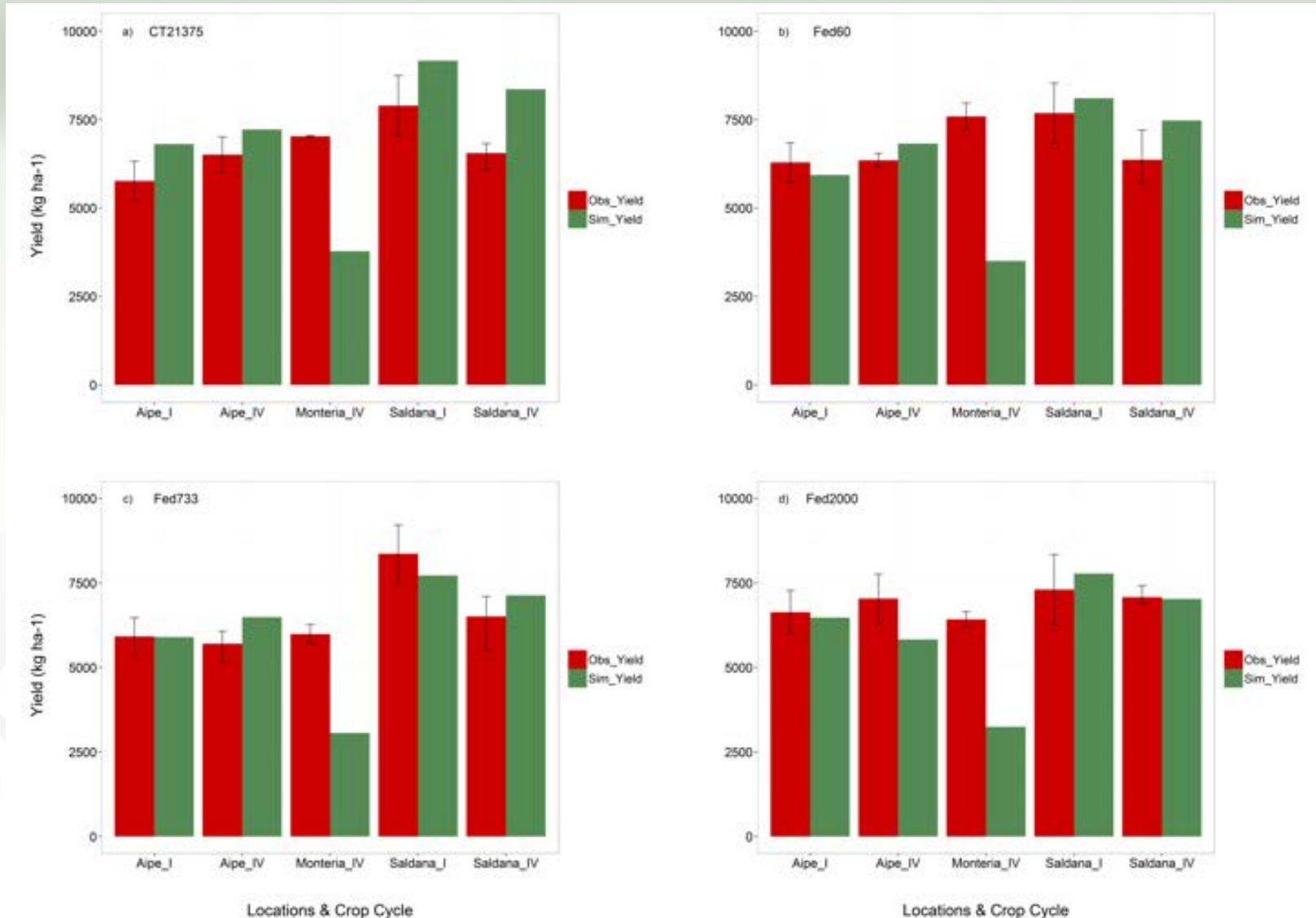


Key findings

- Inter-Andean valleys (Valle and Tolima) show the greatest predictability on average
- Average hides seasonal variability, with lowest predictability around the rainy season for these departments
- Clearest teleconnections typically in the Pacific basin, but sometimes also in the Atlantic.
- Statistical model skill was not affected significantly by model configuration (i.e. selected predictor region) or lead time



2. Calibrate and test crop model (ORYZA2000)



Agroclimatic forecast: Cordoba and Tolima case studies

What do farmers need to know?

Identify the most appropriate planting date **(with best environmental supply)** for rice crop in the period May - Dec 2014.

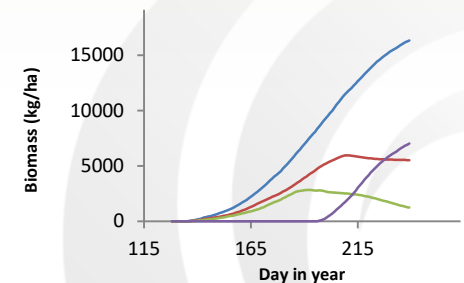


**Actions
to implement**

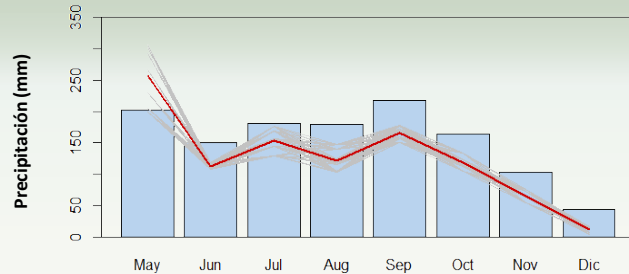


**Implement seasonal weather forecasts
+ mechanistic crop models**

**Projected crop performance
to future climate conditions**



**Pronóstico de precipitación
Mayo – Diciembre de 2014**



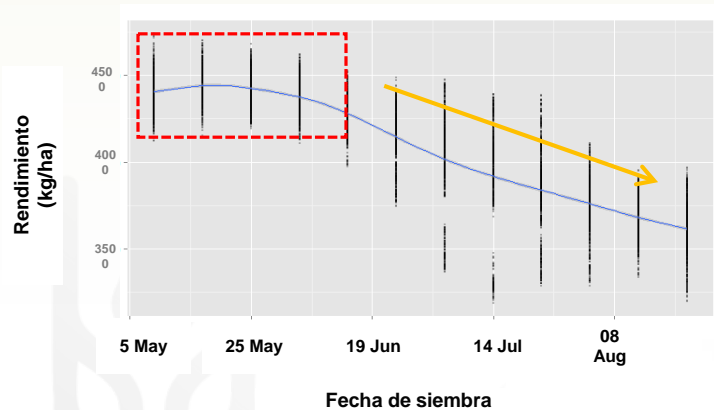
Decreased monthly rainfall



Increased monthly temperatures and solar radiation



**Select the best planting date,
as a preventive measure.**



**If farmers make the decision to plant by
June 20, the yield obtained can be around
4500 kg/ha.**



**If the crop sowings are delayed, yields will
decrease.**



With this measure:

- ✓ Great economic losses to 170 rice farmers were avoided.
- ✓ 1,800 hectares of rice were saved from being destroyed by the intense drought.

Turning research into a service for farmers.... National Agroclimatic Bulletin



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



Clima y Sector Agropecuario Colombiano Adaptación para la Sostenibilidad Productiva



Clic para consultar el **Boletín Agroclimático**

Con el Apoyo de:

Boletín | Clima | Recomendaciones por cultivo

Seleccionar region | Noviembre 2015 | Reiniciar filtro

Caribe seco

ARROZ. En los Santanderes el clima ha cambiado ligeramente con presencia de lluvias en algunas partes de las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita. Las mayores precipitaciones se registran hacia la zona arrocera de los municipios de Cúcuta, El Zulia, Tibú y Puerto Santander. Los caudales de los ríos han mostrado un ligero aumento pero la concesión de aguas dada por CORPONOR se ha reducido. En el municipio Los Patios, se ha restringido el riego para arroz con la finalidad de favorecer el suministro de agua a la población. Algunas lluvias se han presentado en las zonas arroceras e incluso con fuertes vientos y vendavales ocasionando volcamiento de arroces verdes. Se ha reducido el nivel freático para las zonas de Borriqueros, Banco de Arena, Palmarito, Aguacalara y Guaramito quienes riegan por bombeo directamente del río o mediante pozos construido en las fincas.

Local Technical Agroclimatic Committees



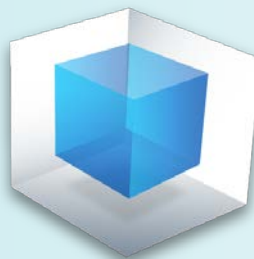
RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



Climate forecasts



Crop modelling



Local knowledge



¿Cómo se afectarían los cultivos?

¿Qué habría que hacer?

¿Qué variedades sembrar?

¿Cuándo sembrar?



Recomendaciones para los agricultores de medidas adaptativas a partir de la combinación del conocimiento local y científico

Local Agroclimatic Bulletins

Boletín AGROCLIMÁTICO CORDOBA #7
octubre 2015 a febrero 2016

Conclusiones y recomendaciones de la Mesa Técnica Agroclimática MTA de Córdoba

- Diagnóstico de la situación del Fenómeno "El Niño"**
Según los datos meteorológicos de los meses anteriores a la Oficina de Meteorología de Medellín (OFI) y CPC/CIAT, se está registrando un evento "El Niño" con una intensidad más alta de lo que se esperaba para el primer trimestre del año 2015. Con respecto a su intensidad, la zona de influencia cubre con alta intensidad la zona de estudio "Medellín - Aburrá".
- Condiciones climáticas generales que predominarán en la región entre agosto y mediados de septiembre de 2015**
Según los datos de eventos climáticos predominantes en la Mesa Agroclimática y registros regionales de precipitación mensual, se anticipa un mes de lluvias. El mes de febrero se anticipa con un mes de lluvias moderadas y normales a la larga del mes de agosto.
Las salidas de lluvia mensual fluctúan entre inferiores y normales a la normal en los sectores analizados. En el mes septiembre se registran lluvias de gran intensidad, seguidas de meses con días suaves con altas temperaturas.
- Predicción de lluvias y temperatura máxima y mínima mensual**

Mes	Temperatura máxima y mínima mensual
2015	Se anticipa un mes con temperaturas inferiores a la normal, con una probabilidad alta de un mes de lluvias moderadas y normales a la larga del mes de agosto. Temperaturas máximas y mínimas por encima de la normal. Se anticipa lluvias entre ligeras y moderadas en el territorio de la zona de influencia del estudio.
2016	Alta probabilidad de disminución de lluvias de porción de mes en el mes de agosto. Precipitación normal de noviembre. Temperaturas máximas y mínimas por encima de la normal. Se anticipa condiciones de alta precipitación mensual. Se anticipa lluvias moderadas a fuertes, seguidas de lluvias, especialmente a inicio del mes. Temperaturas máximas y mínimas por encima de la normal.
2016	Se anticipan condiciones suaves y normales en los meses de febrero y marzo. Temperaturas máximas y mínimas altas.
2016	Se anticipan condiciones suaves. Temperaturas máximas y mínimas altas.

Instituciones participantes de la MTA:
CORPOICA, CORPOCOPON, UMAT, etc.

Consulte este documento en línea: <http://bit.ly/SuAgroClimaC2015>

Boletín AGROCLIMÁTICO SUCRE #5
noviembre 2015 a abril 2016

Conclusiones y recomendaciones de la Mesa Técnica Agroclimática MTA de Sucre

- Diagnóstico de la situación del Fenómeno "El Niño"**
De acuerdo a los datos meteorológicos de los meses anteriores al evento de este fenómeno climático conocido como evento "Niño". Según la Oficina de Meteorología de Medellín (OFI) y el CPC/CIAT se anticipa una probabilidad más alta de lo que se esperaba para el primer trimestre del año 2015. Con respecto a su intensidad, cubre con alta intensidad la zona de estudio "Sucre".
- Condiciones climáticas generales que predominarán en la región entre agosto y mediados de octubre de 2015**
Según los datos de eventos climáticos predominantes en la Mesa Agroclimática y registros regionales de precipitación mensual, se anticipa un mes de lluvias moderadas y normales a la larga del mes de agosto. Las salidas de lluvia mensual fluctúan entre inferiores y normales a la normal en los sectores analizados. En el mes septiembre se registran lluvias de gran intensidad, seguidas de meses con días suaves con altas temperaturas.
- Predicción de lluvias y temperatura máxima y mínima mensual**

Mes	Temperatura máxima y mínima mensual
2015	Se anticipa un mes con temperaturas inferiores a la normal, con una probabilidad alta de un mes de lluvias moderadas y normales a la larga del mes de agosto. Temperaturas máximas y mínimas por encima de la normal. Se anticipa lluvias entre ligeras y moderadas en el territorio de la zona de influencia del estudio.
2016	Alta probabilidad de disminución de lluvias de porción de mes en el mes de agosto. Precipitación normal de noviembre. Temperaturas máximas y mínimas por encima de la normal. Se anticipa condiciones de alta precipitación mensual. Se anticipa lluvias moderadas a fuertes, seguidas de lluvias, especialmente a inicio del mes. Temperaturas máximas y mínimas por encima de la normal.
2016	Se anticipan condiciones suaves y normales en los meses de febrero y marzo. Temperaturas máximas y mínimas altas.
2016	Se anticipan condiciones suaves. Temperaturas máximas y mínimas altas.

Consulte este documento en línea: <http://bit.ly/SuAgroClimaC2015>

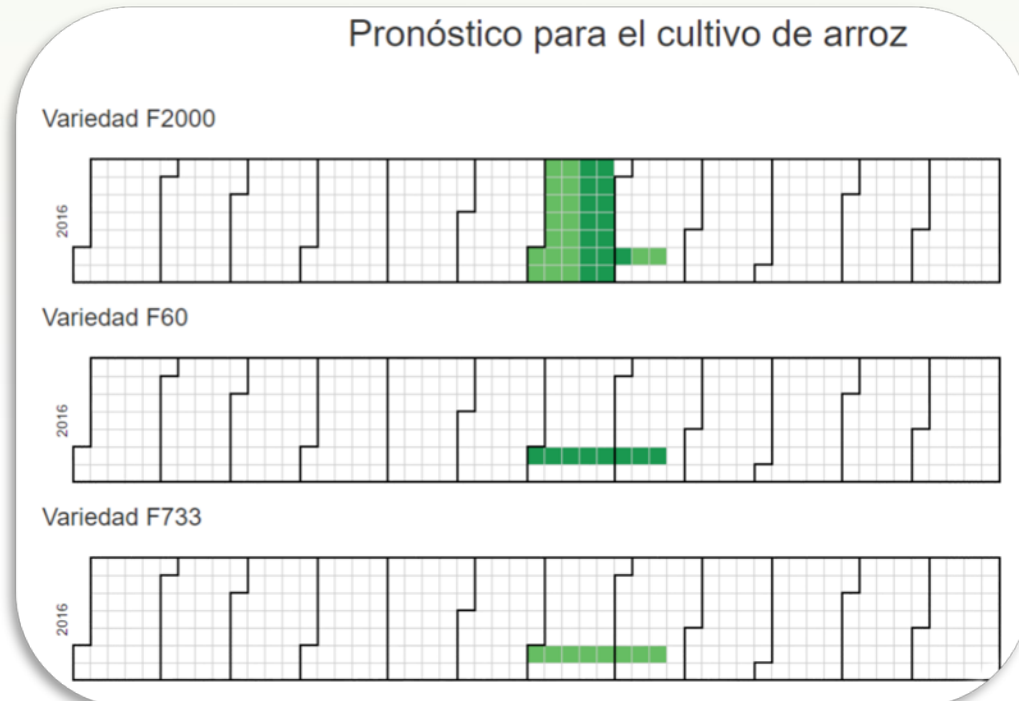
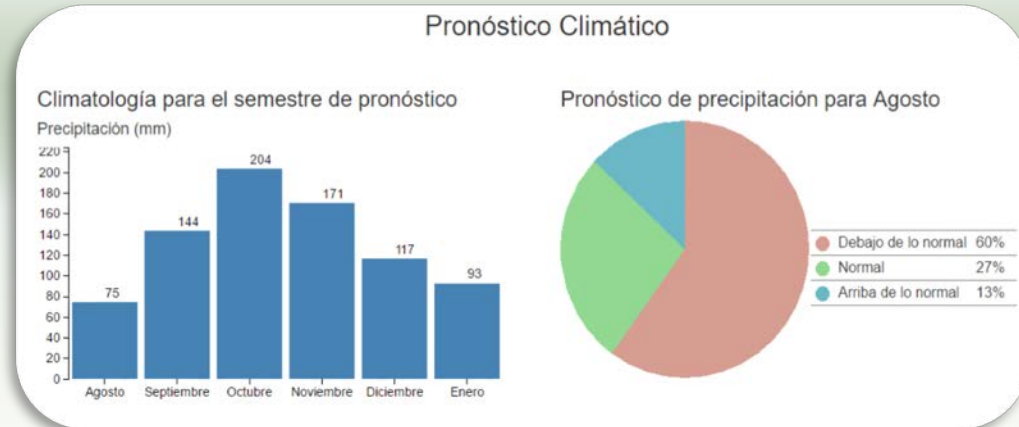
Automated web interface to generate and communicate forecasts at local scales



RESEARCH PROGRAM ON
Climate Change,
Agriculture and
Food Security



- Funded by USAID, under the Climate Services for Resilient Development (CSRD) programme.
- Farmer focus groups to understand information and format requirements.
- Intense web development and automation of crop-climate model runs
- Beta version in Dec (!), and **official release in April 2017**



Thank you

j.r.villegas@cgiar.org



RESEARCH PROGRAM ON
**Climate Change,
Agriculture and
Food Security**

