MANEJO EFICIENTE DEL AGUA PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE ARROZ COLOMBIA

FEDEARROZ
FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

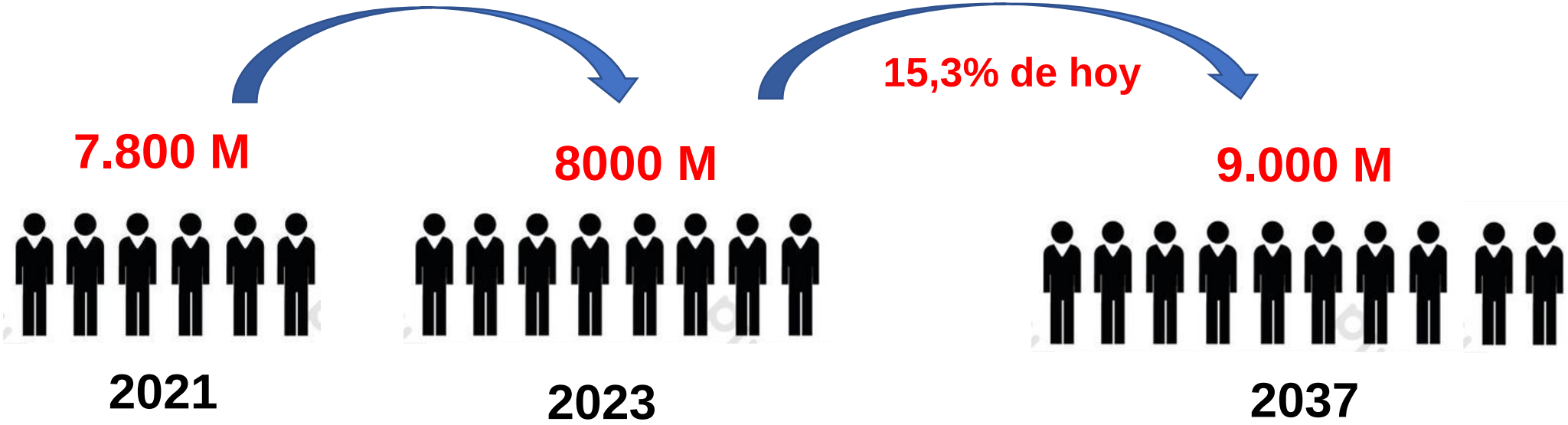
DARÍO FERNANDO PINEDA SUÁREZ I.A M.Sc
Investigación y Transferencia de Tecnología
FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS – FEDEARROZ
dariopineda@fedearroz.com.co

Contenido a desarrollar

- Panorama del cultivo del arroz en el Mundo y en Colombia
- AMTEC: Un programa ambientalmente sostenible
- Resultados: La eficiencia y la sostenibilidad van de la mano
- Consideraciones finales

1. Panorama de arroz en el Mundo y en Colombia

Situación del agua en la agricultura

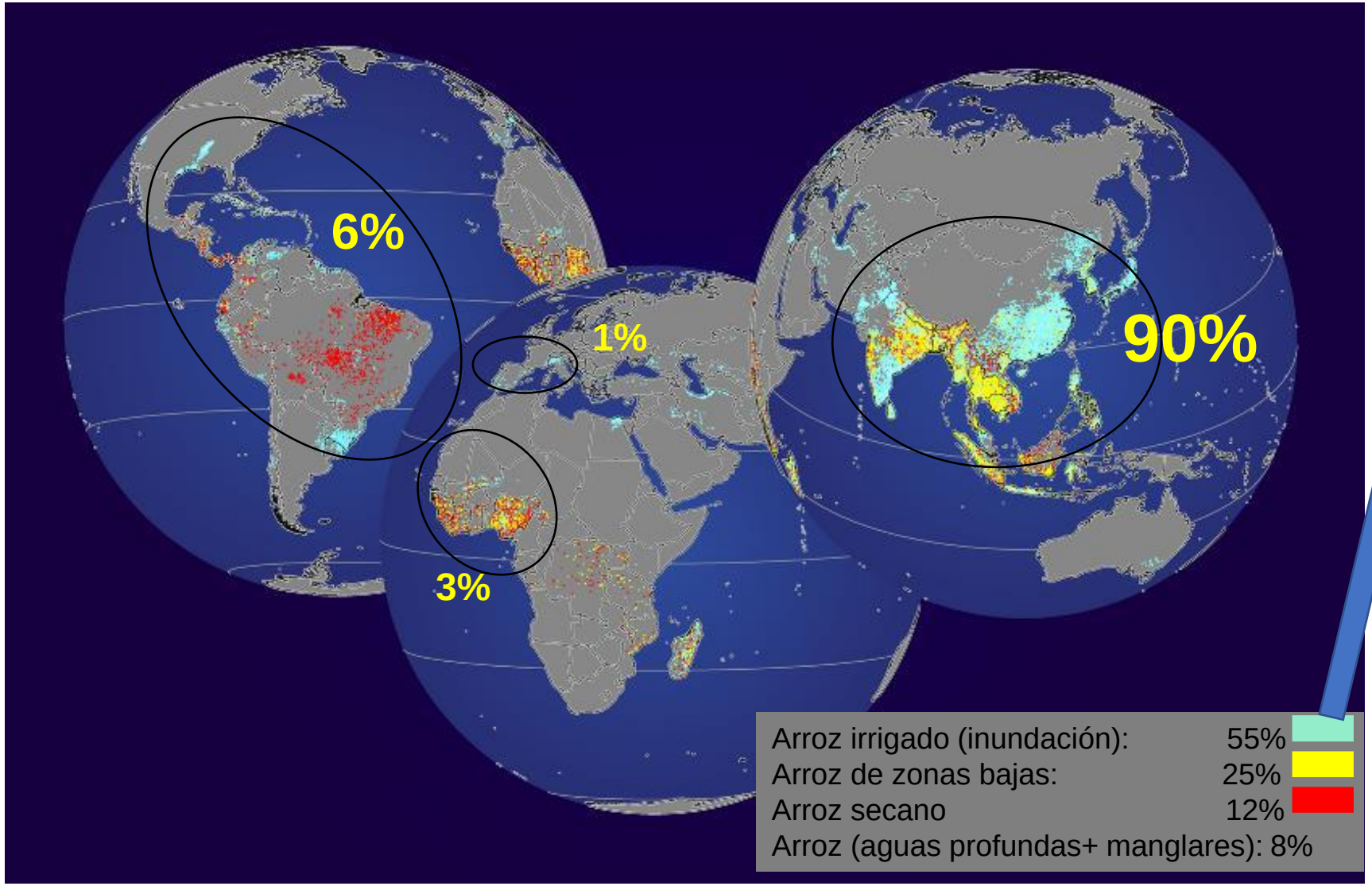


- HOY: 12% Población padece hambre (1 de 8)
- Reducción de área de riego por sequía
- Disminución de la oferta hídrica en todas las zonas agrícolas.

- Doblar o Triplicar los rendimientos
- Ampliar zonas cultivables con riego
- Generar nuevas tecnologías de **USO EFICIENTE DE AGUA**

FAO, 2019

El agua y el arroz en el mundo



El mundo:

782 M toneladas

167 M ha (2018)

(55%) ≈ 80 Millones ha arroz irrigadas por inundación

x

Con un uso promedio mundial de 14.000 m^3/ha

≈

50% agua extraída para uso agrícola

(Fuente: KHUSH. 1993 APUD FORNASIERI FILHO E FORNASIERI. 2006)

(BRUINSMA, 2009)

Situación del agua en Colombia

- ✓ **Es el 6° país más rico en recurso hídrico.**

- ✓ 737.000 cuerpos de agua (ríos, quebradas, lagos y lagunas).
- ✓ Produce 56 litros de agua (km^2/segundo)

10 litros (km^2/segundo)

- ✓ Promedio de precipitación anual 2.864 mm

62%

Escorrentía

Gran oportunidad de abastecimiento de agua

(Estudio Nacional del agua,2014)

Caracterización de las zonas arroceras en Colombia

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

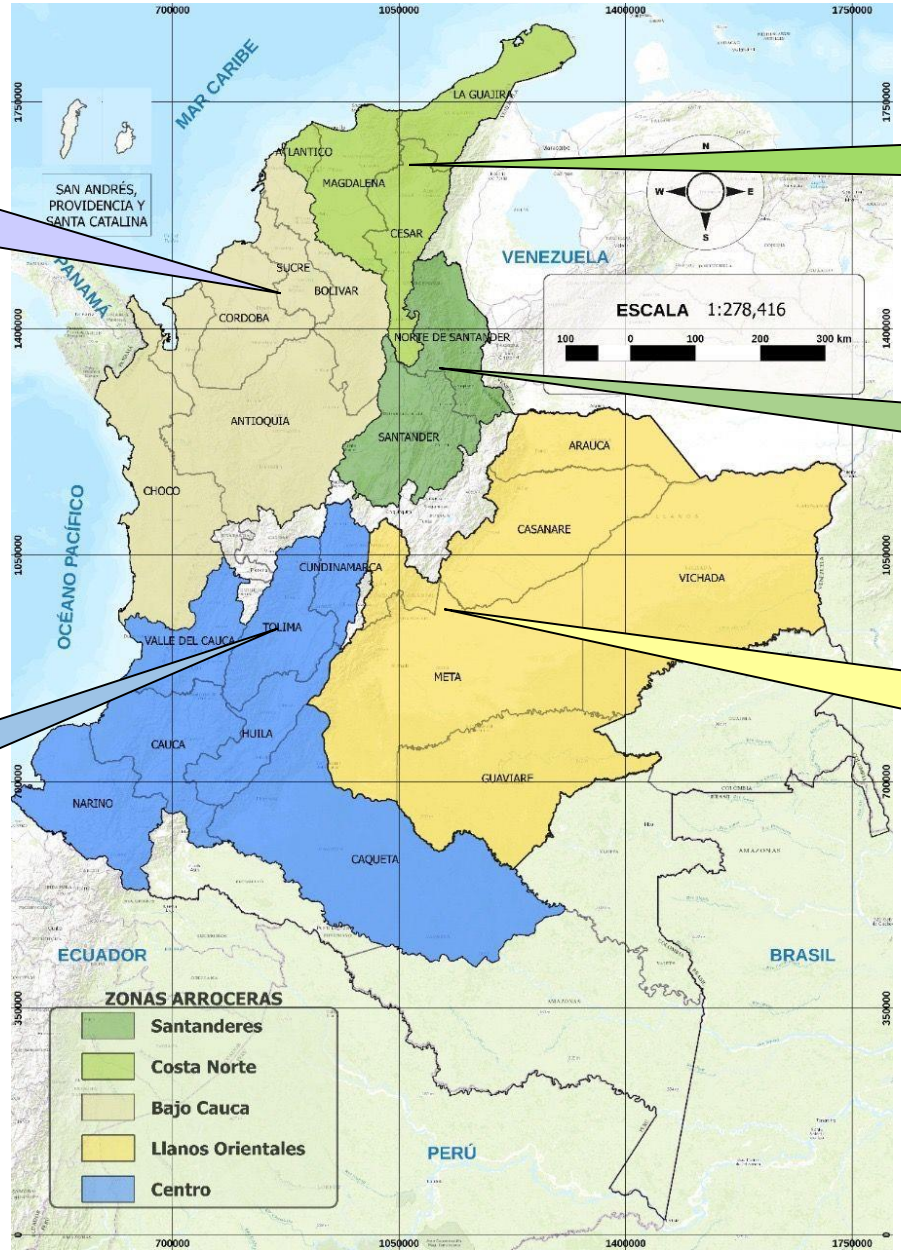
BAJO CAUCA
87.076 ha
91 % Secano
9 % Riego

COSTA NORTE
24.419 ha
95 % Riego
5% Secano

SANTANDERES
35.514 ha
97 % Riego
3% Secano

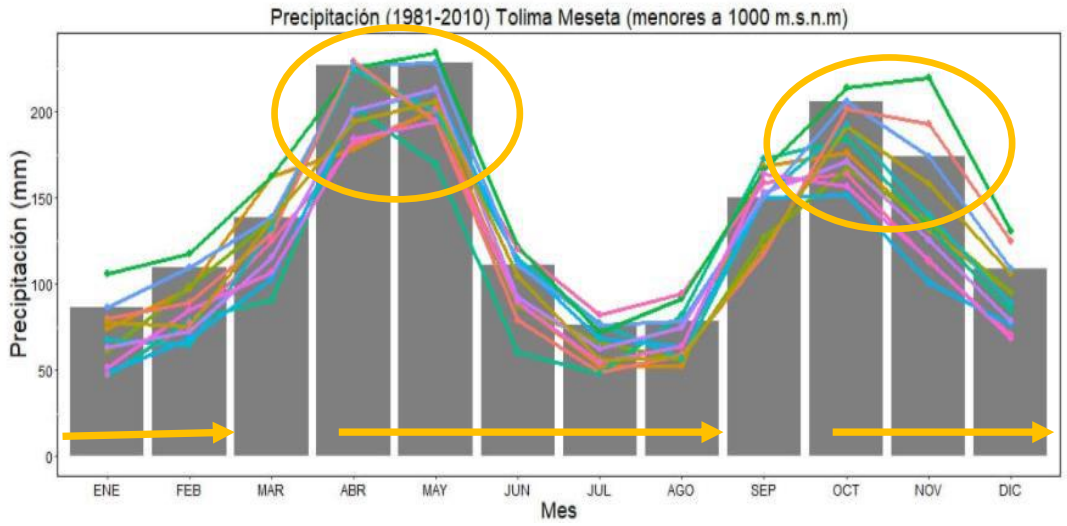
LLANOS ORIENTALES
257.685 ha
80 % Secano
20 % Riego

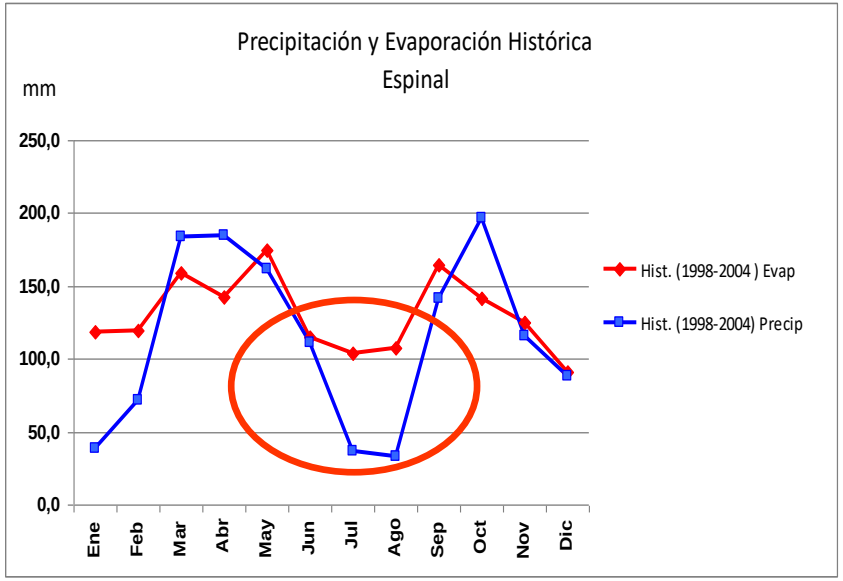
CENTRO
142.768 ha
97 % Riego



222 Municipios de 23 Departamentos
Consumo per cápita: 42 kg

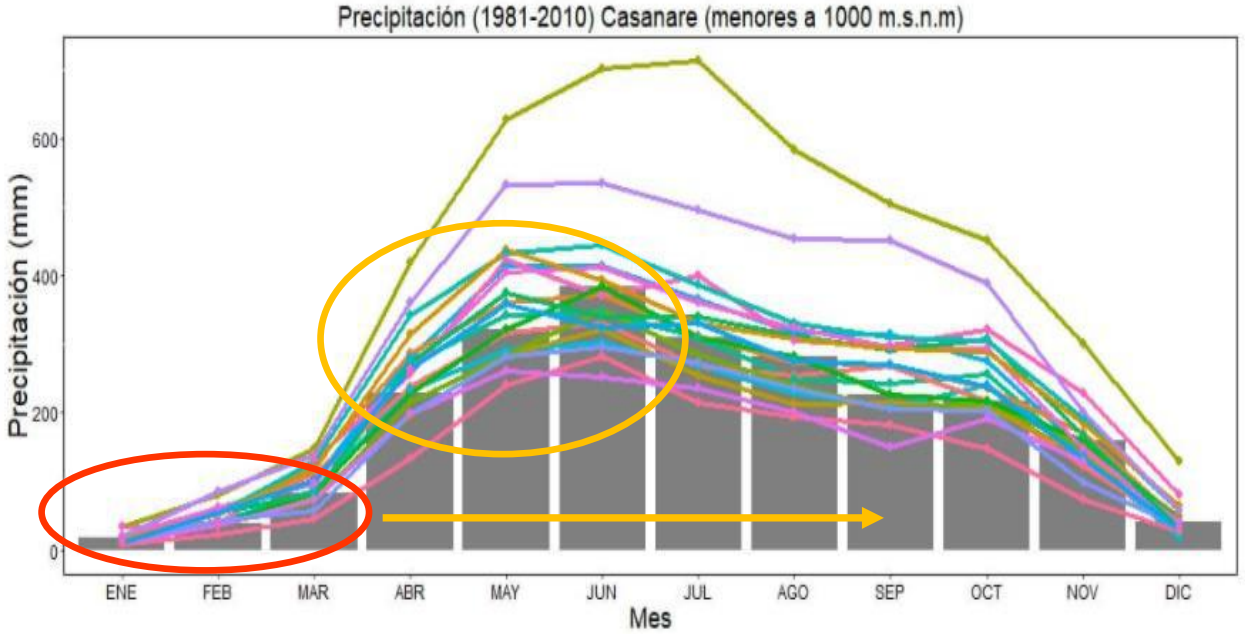
Zonas de riego





- 2 épocas de siembra (Semestre 1 + Semestre 2)
- (Jun-Ago) Déficit hídrico soportado por los **distritos de riego**.

Zonas de secano

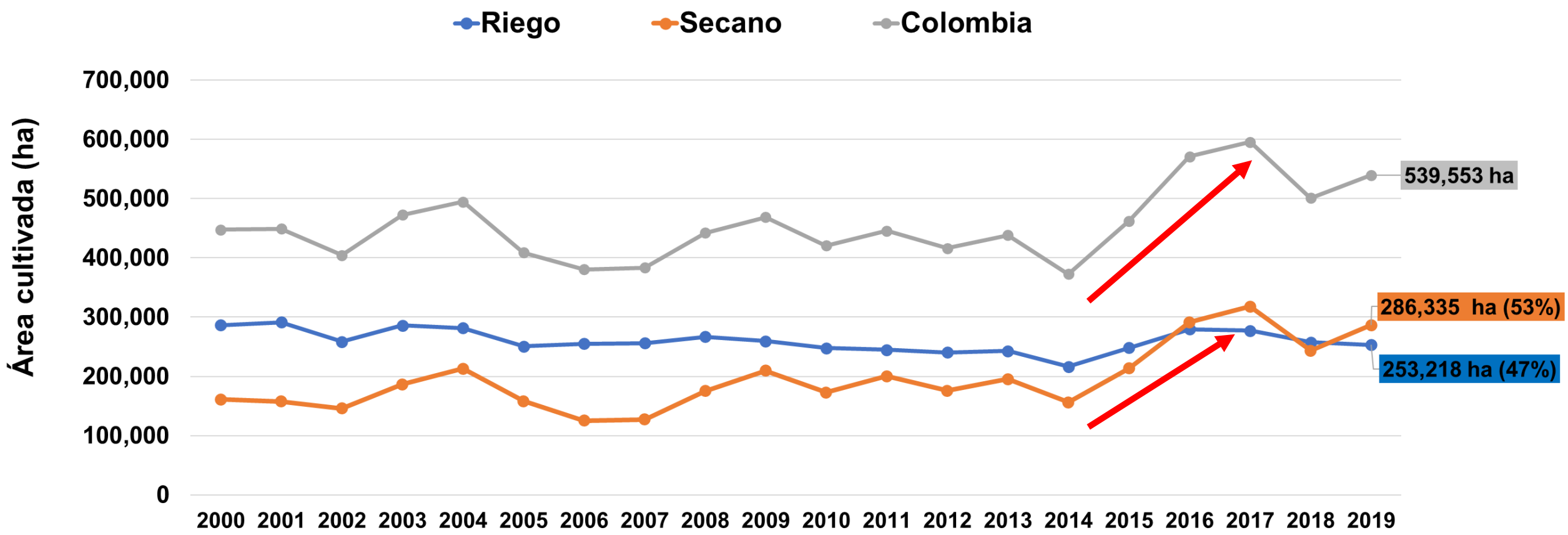


1º Semestre es Arroz Secano: Época de siembra secano (Abr-Jun).
> Mayor oferta hídrica y < oferta lumínica.

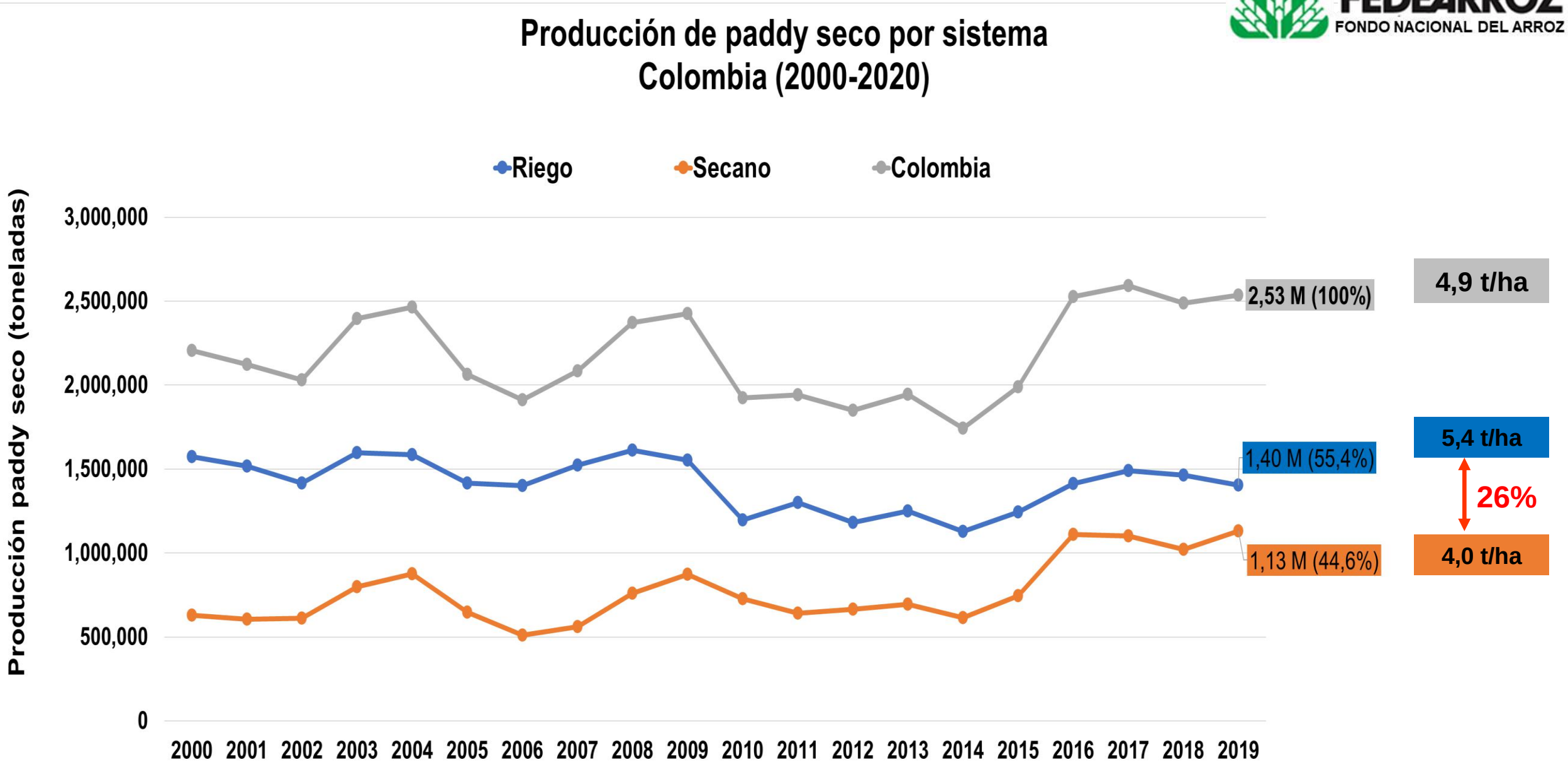
En secano (caribe húmedo) por estiaje prolongados:
Riego complementario

2º Semestre Arroz riego (Área muy limitada) con capacidad de abastecimiento. (> Rendimiento)
> Mayor oferta lumínica y < oferta hídrica

Área por sistema de producción Colombia (2000-2020)

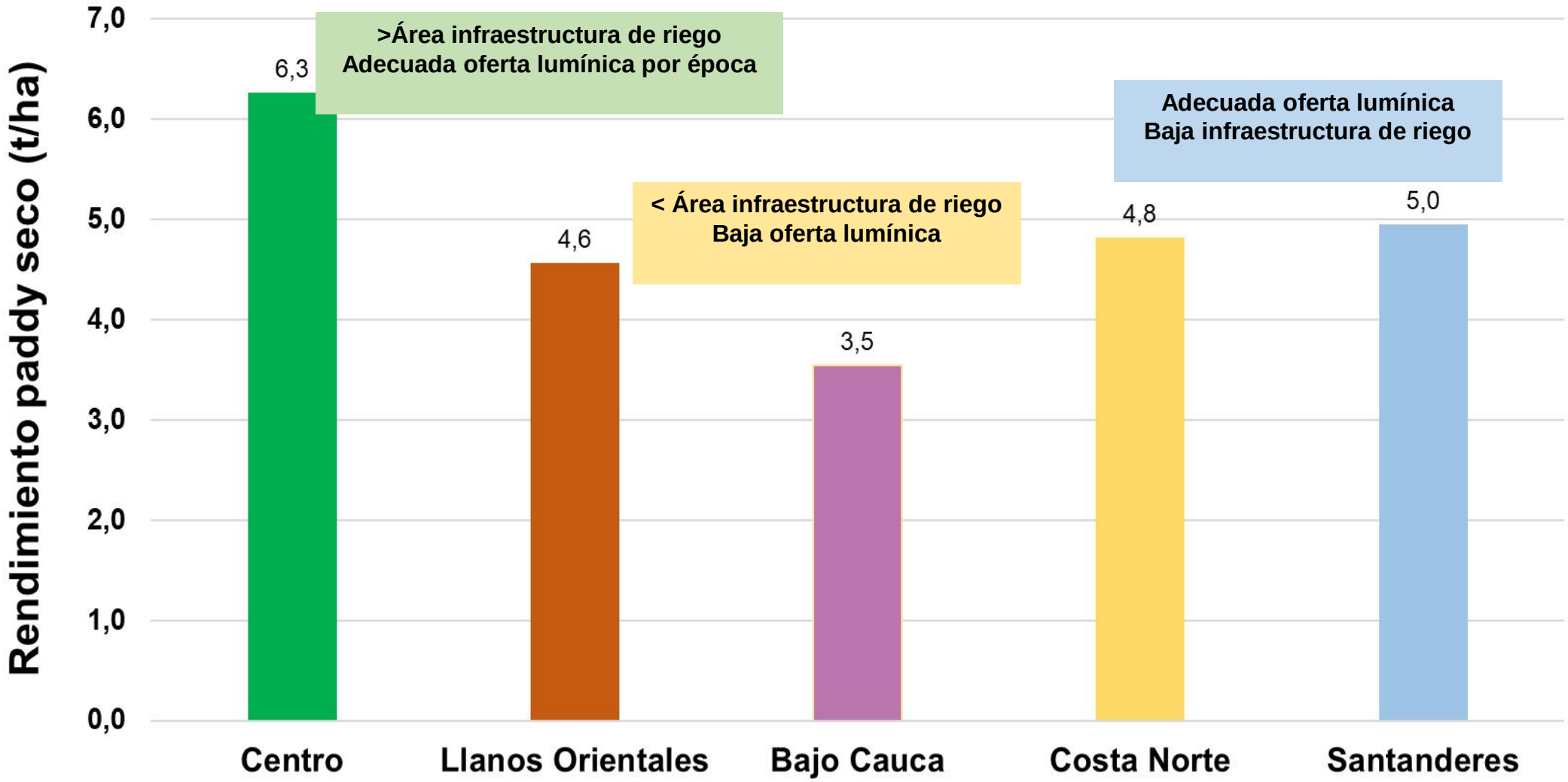


(Fuente: DANE & FEDEARROZ, 2019)



(Fuente: DANE & FEDEARROZ, 2019)

Rendimiento de paddy seco por zonas arroceras Colombia 2019



FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

Centro

1.600 mm/año

Energía Solar: 400 – 550 Cal/cm2
Región de grandes distritos de riego

Llanos Orientales

2.300 mm/año
(9/12 meses con lluvias)

Energía Solar: 300 – 500 Cal/cm2
Baja infraestructura de riego

Bajo Cauca

Secano: aporte de lluvias

2.150 mm/año

Riego complementario

Energía Solar: 300 – 400 Cal/cm²
T°C min (24-28 °C)

Santanderes

Compuerta distribución Distrito Asozulia

2.500 mm/año

Área ha sido adecuado en piscinas (mínima pendiente)

Costa Norte

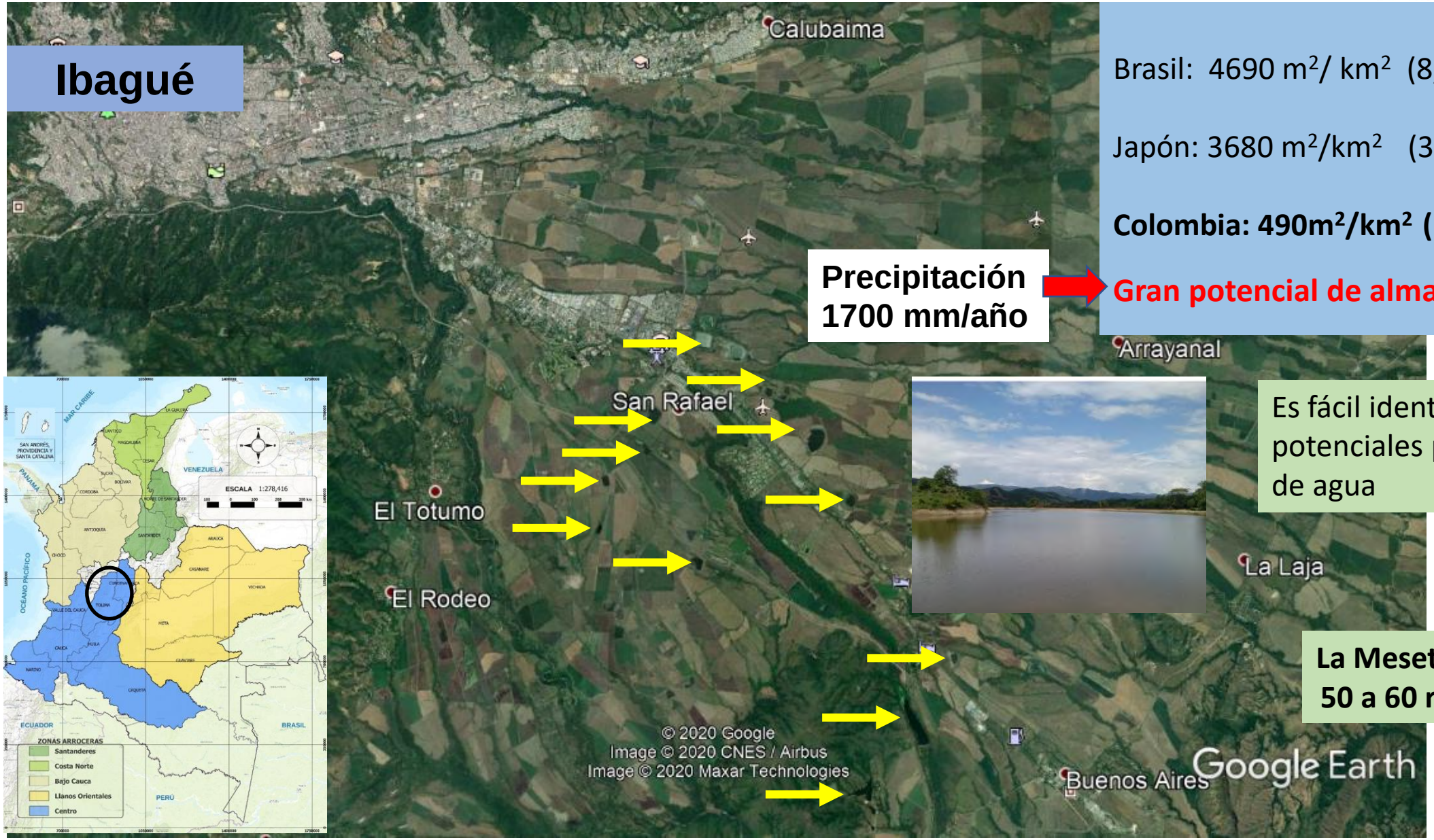
Represa sobre el río Ranchería

960 mm/año

Energía Solar **(> 400 Cal/cm² casi todo el año)**
Altas temperaturas (34 -38ºC)
Serios problemas de sequía

Potencial de almacenamiento de agua

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ



Brasil: 4690 m^2/ km^2 (8,5 Millones km^2)

Japón: 3680 m^2/km^2 (377 mil km^2)

Colombia: 490m^2/km^2 (1,1 Millones km^2)

Gran potencial de almacenamiento !!!

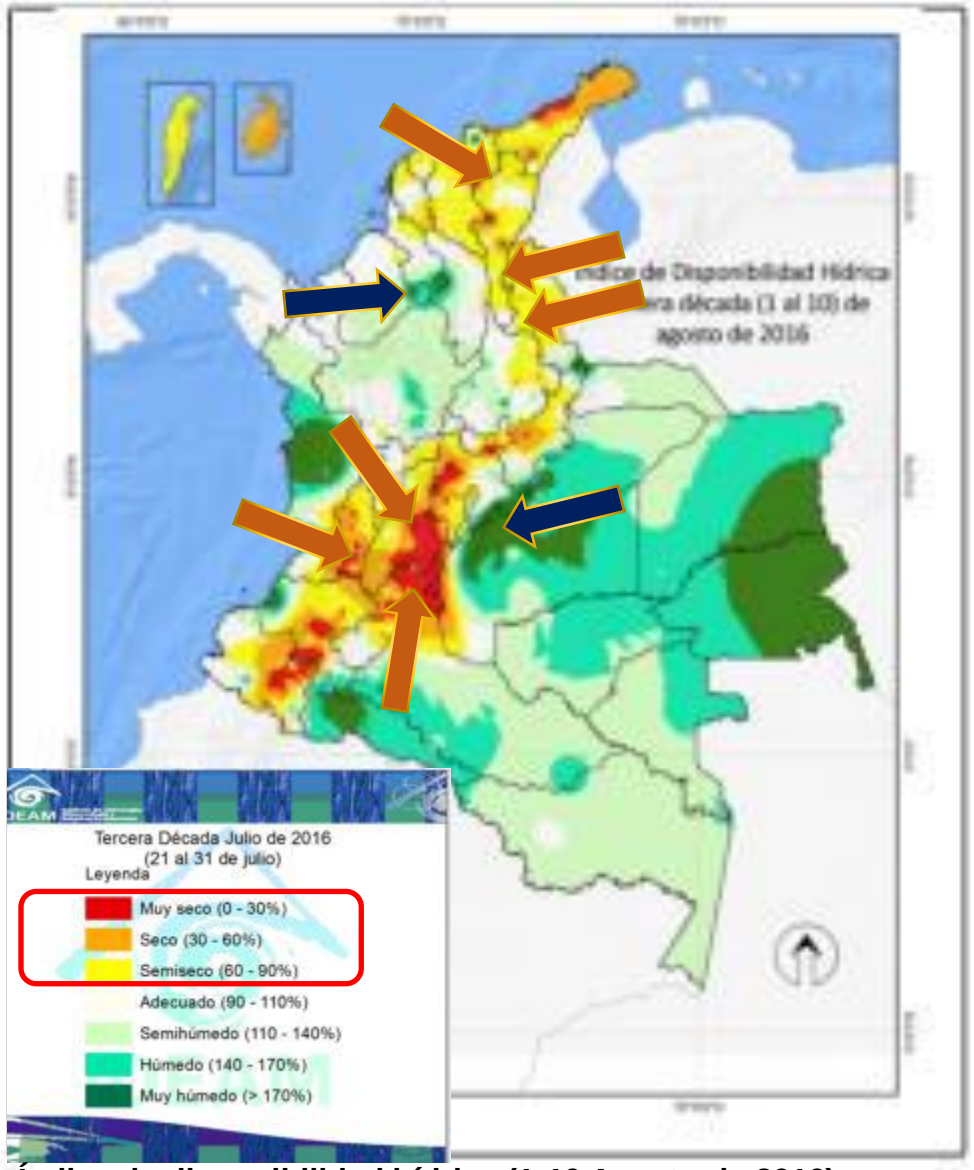
Precipitación 1700 mm/año

Es fácil identificar sitios potenciales para almacenamiento de agua

La Meseta de Ibagué (Centro)
50 a 60 reservorios (1 a 5 ha)

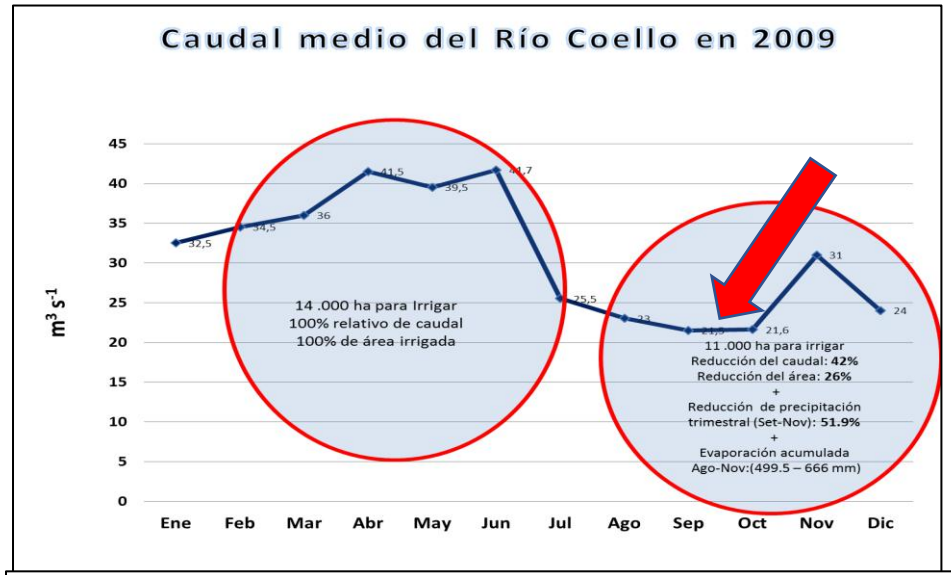
Fuente: FAO, 2014

DISPONIBILIDAD HÍDRICA



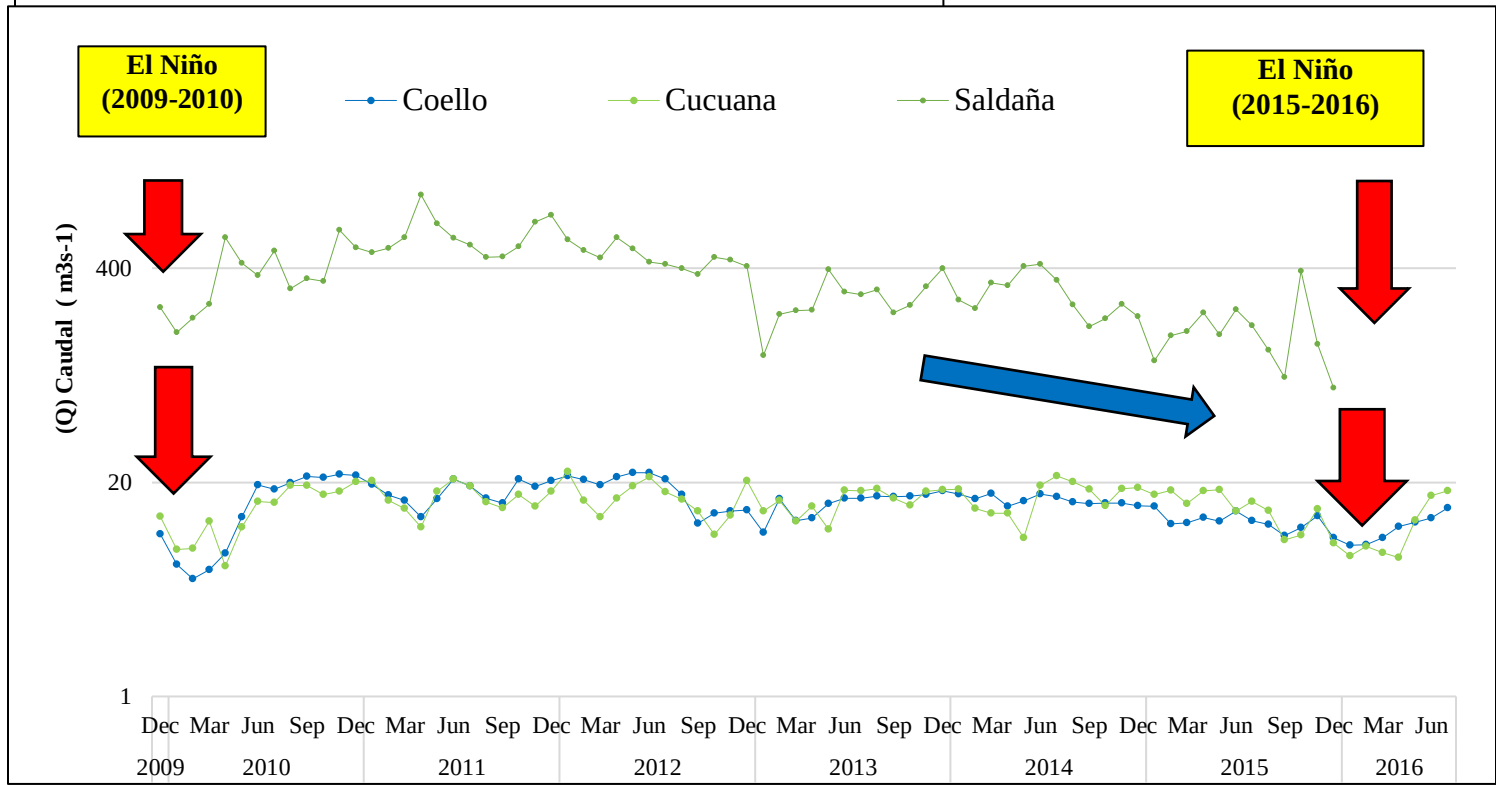
Índice de disponibilidad hídrica (1-10 Agosto de 2016)

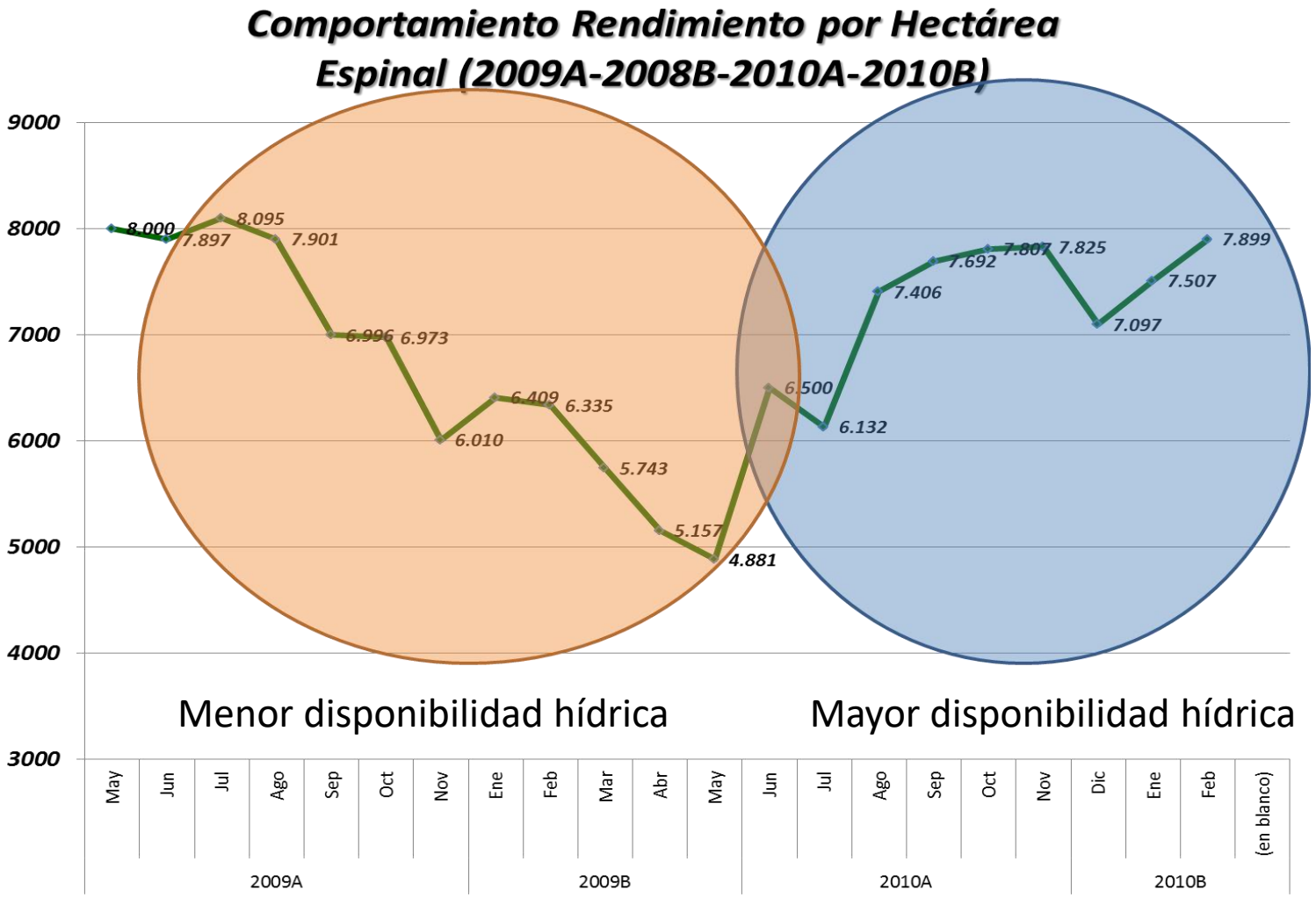
IDEAM Boletín Agrometeorológico (2016)



Durante El Niño (2015-2016)

Río Saldaña (-68%)
Río Coello (-58%)
Combeima (-60%)





Fuente: Pineda (2010)

2. AMTEC: Un programa ambientalmente sostenible

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

FEDEARROZ

60% del área arrocera en AMTEC

AMTEC
Adopción Masiva de Tecnología

- ✓ **Rentabilidad**
- ✓ **Competitividad**
- ✓ **Sostenibilidad**

Desde el 2012

- **Reducción costos ($)**
- **Aumento rendimiento**
- **Incremento de la eficiencia**

Manejo de agua

Siembra

C. Fitosanitario

Adecuación

Nutrición

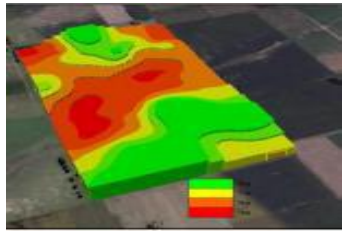
Preparación

AMTEC

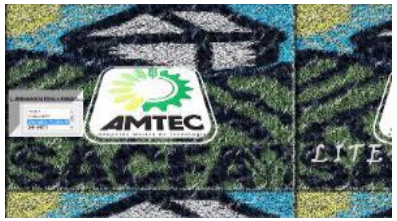
Agricultura Precisión

Diagnóstico

Imagen satelital



Evaluación



Cosecha

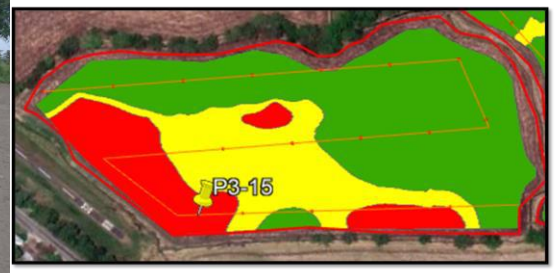
FEDEARROZ

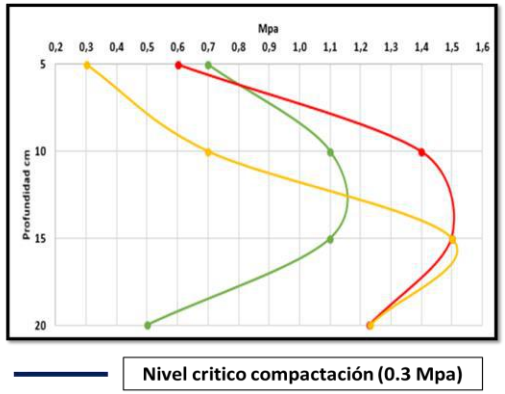
Preparación, adecuación de suelos y estructuración del riego

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

DESCOMPACTACIÓN DEL SUELO

- Incrementa la infiltración de agua en el suelo.
- Mayor aireación del suelo para desarrollo de raíces.
- Mayor volumen de agua en suelo por volumen captado.





Preparación, adecuación de suelos y estructuración del riego

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

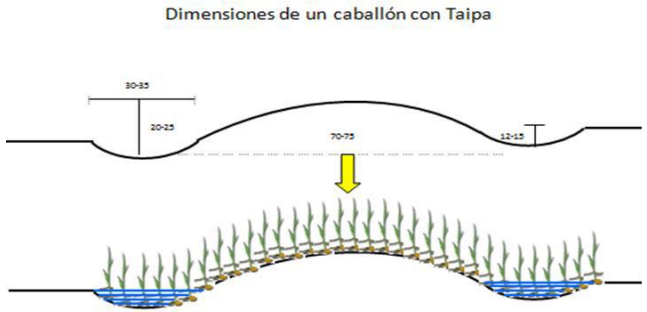
LA MICRONIVELACIÓN DEL TERRENO

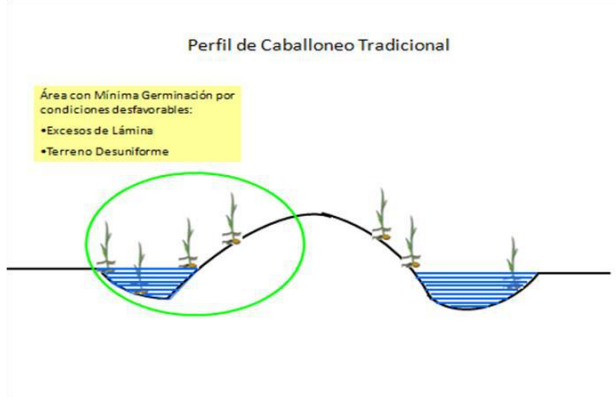
- Se reduce el módulo de riego.
- Se reduce velocidad de agua de Escorrentía.
- Reduce la altura de la lámina de agua en la melga.
- Disminuye el volumen de escorrentía.
- Induce a la uniformidad del cultivo.

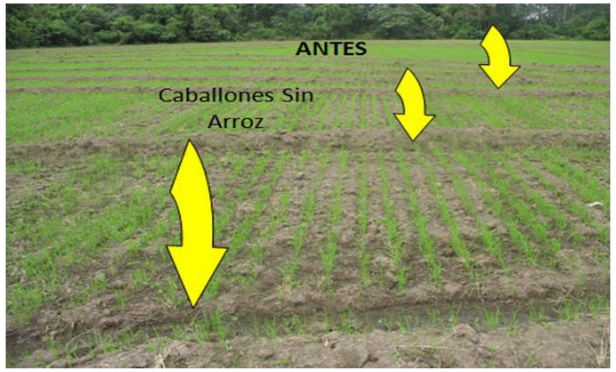
Preparación, adecuación de suelos y estructuración del riego

Construcción de caballones con Taipa:

- Reduzco la altura de la lámina de riego.
- Menor volumen de agua para saturar e inundar la melga.
- Incremento el área efectiva de cultivo.







Prácticas sostenibles en el manejo del agua

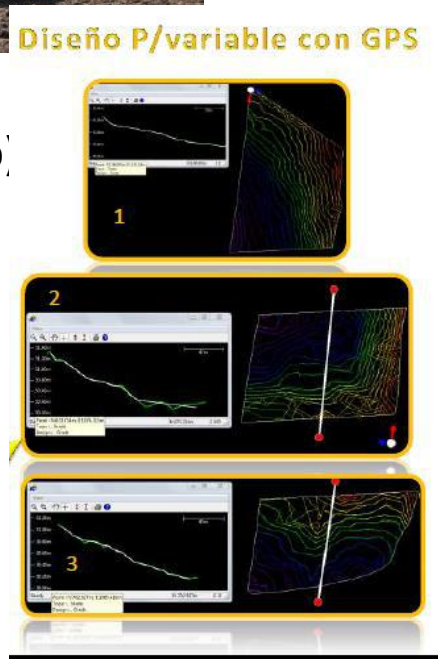
FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

Uso del sistema de precisión láser y nivelación Georreferenciada con señal RTK en el diseño de riego

- Se Incrementa la eficiencia operacional del riego.
- Se reduce el tiempo de riego.
- Se incrementa la precisión del diseño de riego.
- Mejor distribución del agua.
- Establecimiento uniforme de la lámina de agua.

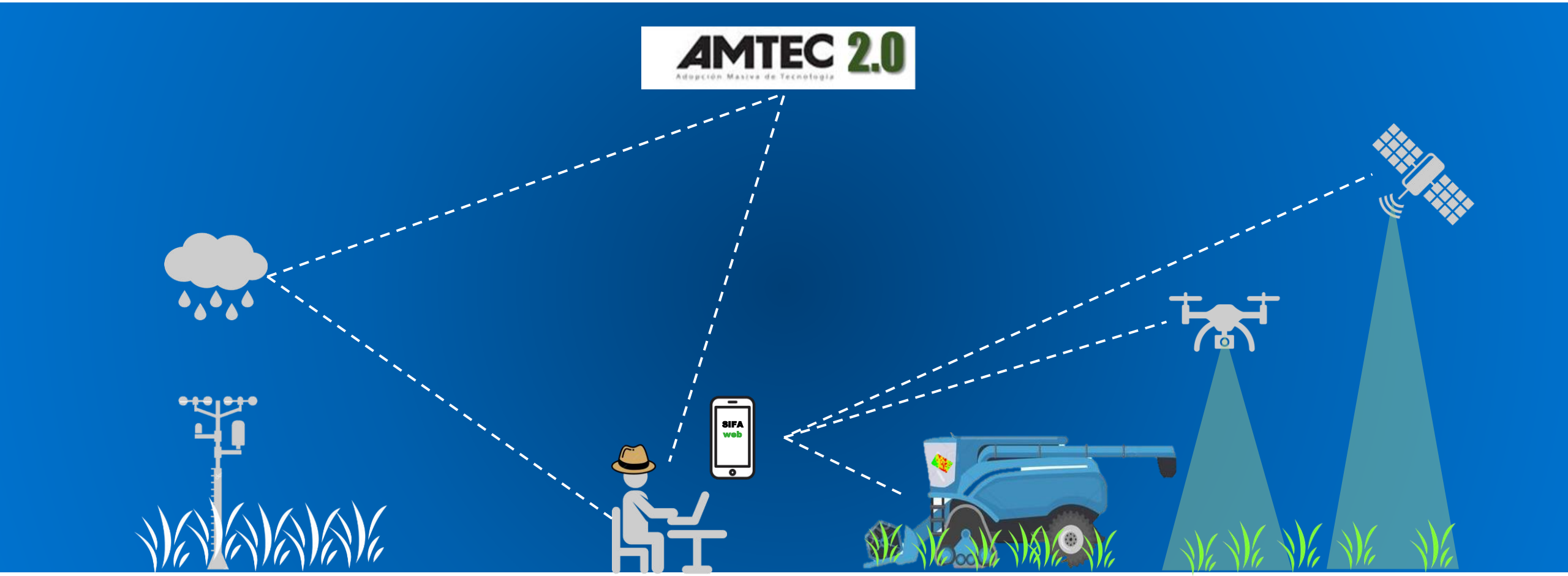
Sistema de precisión láser)

Sistema RTK (Topografía digital con diseños de riego)



¿ Hacia donde vamos?

FEDEARROZ
FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS
FONDO NACIONAL DEL ARROZ



Recomendaciones específicas por zonas

Aplicación para móvil

Monitoreo de la nutrición

ADOPCION MASIVA DE TECNOLOGIA

PARA UN SISTEMA MÁS SOSTENIBLE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

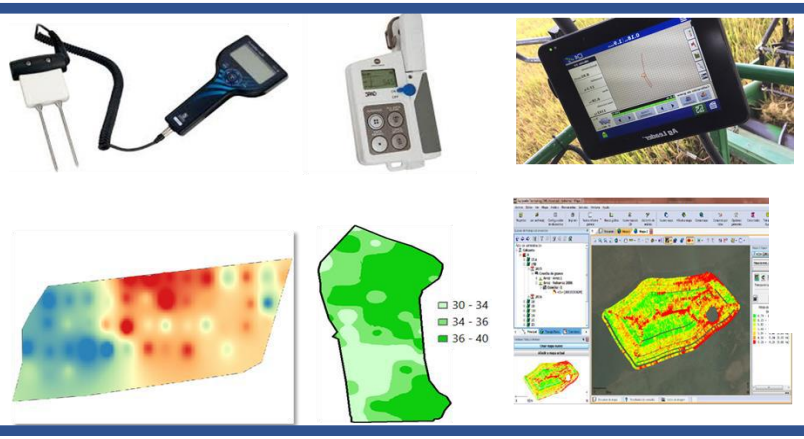
AMTEC → AMTEC 2.0

Adopción Masiva de Tecnología

Reducción en el uso de agroinsumos
Menor uso del agua
Sostenibilidad ambiental y competitividad

Fincas AMTEC con BPA

Pronósticos del tiempo
(http://clima.fedearroz.com.co/)
47 estaciones (país)
agroclimáticas en red online



Agricultura de precisión y de conservación

Sistema de riego
MIRI

ADOPCION MASIVA DE TECNOLOGIA

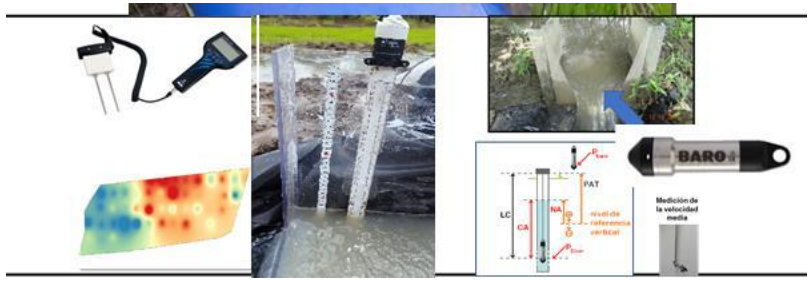
PARA UN SISTEMA MÁS SOSTENIBLE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

AMTEC → AMTEC 2.0

Adopción Masiva de Tecnología

Desarrollo de variedades de arroz con mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes

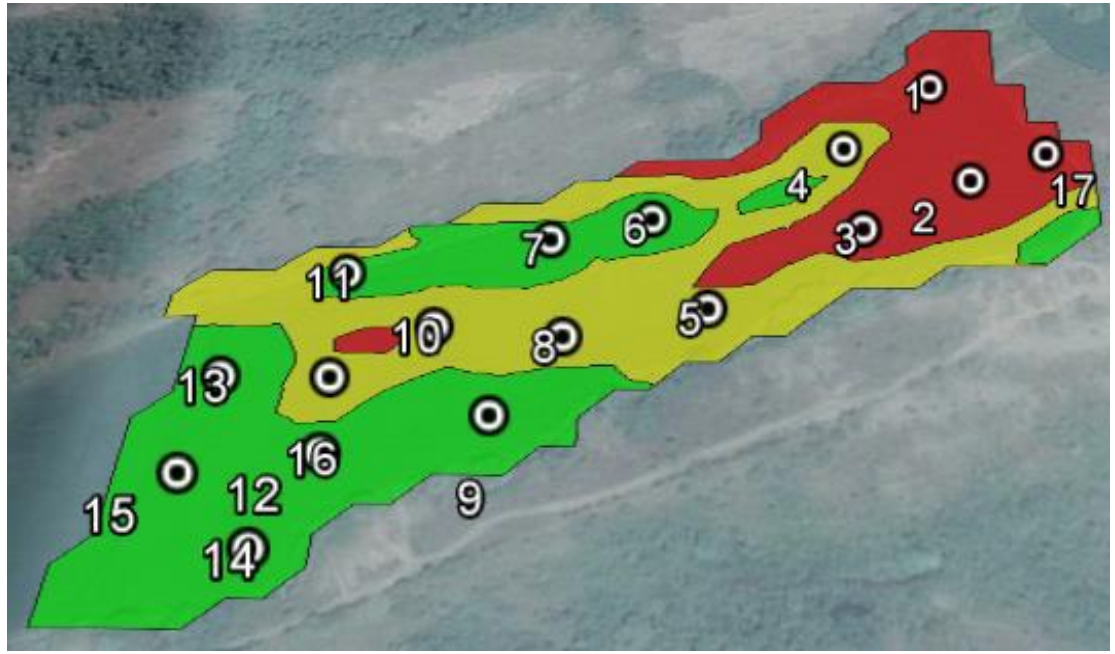
Manejo de residuos de cosecha
Sostenibilidad con rentabilidad
Siembra directa (no preparación del suelo) secuestro de Carbono



Sistemas de monitoreo Inteligentes de gestión del recurso hídrico

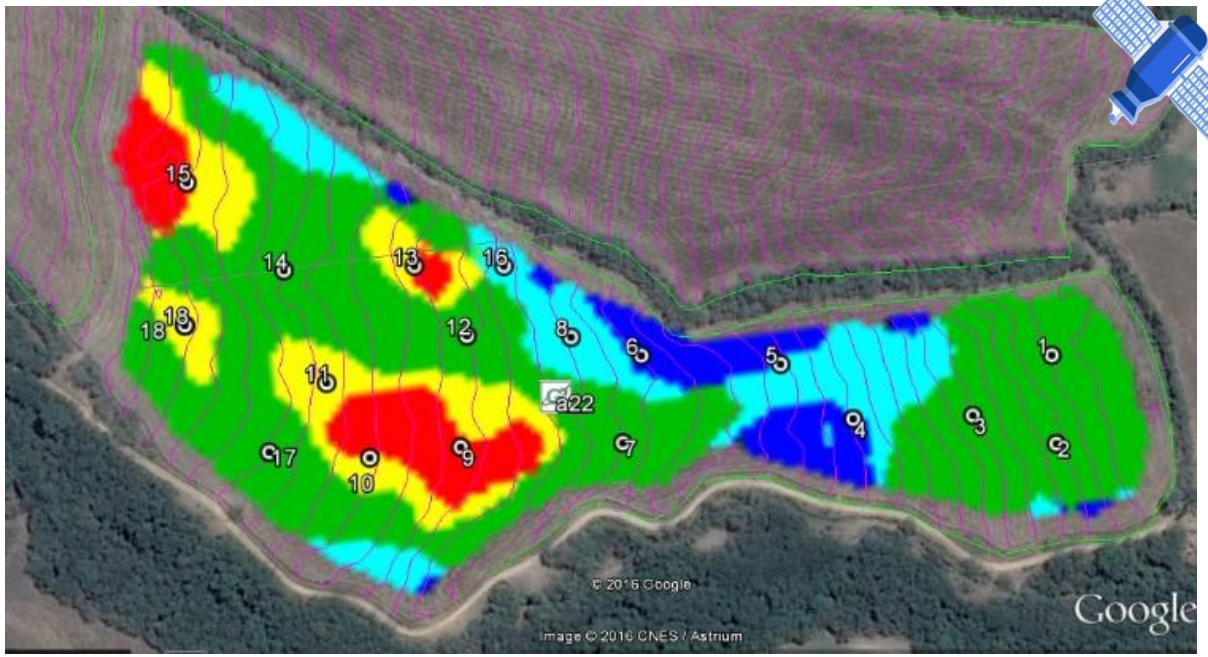
MUESTREO PARA UN ANÁLISIS INTEGRAL DEL SUELO

Sectorización a través de mapas de rendimiento



Mapa de ambientes de acuerdo a los rendimientos obtenidos a través de sensores de rendimiento.

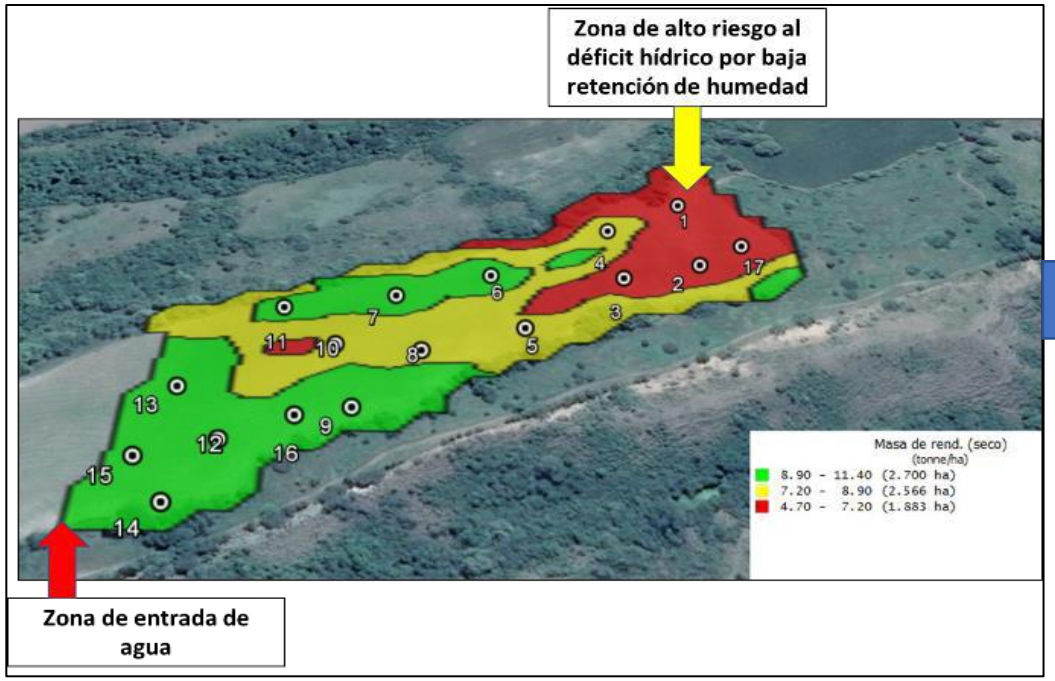
Sectorización a través de imágenes satelitales



Mapa de ambientes obtenido con imágenes satelitales NDVI.

Riego de precisión dirigido

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ



AMTEC 2.0
Manejo Agronómico por Ambientes

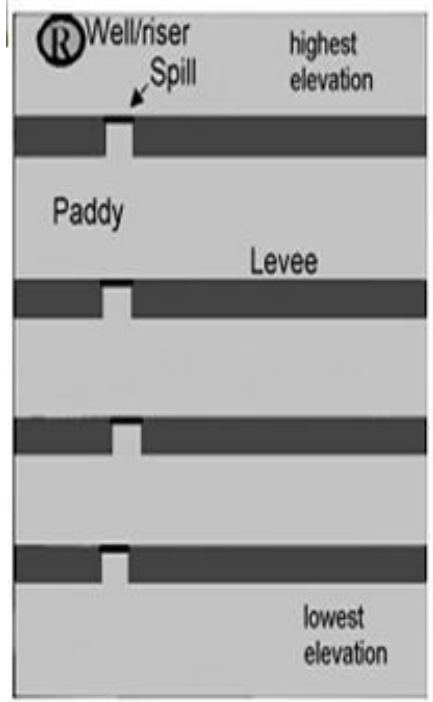
NUEVO ALTERNATIVA DE RIEGO PARA COLOMBIA

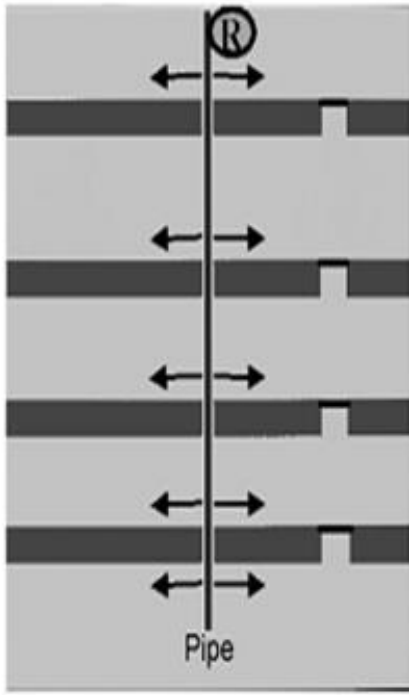
SISTEMA DE RIEGO EN ARROZ POR MÚLTIPLES ENTRADAS

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

MIRI

(Multiple Inlet Rice Irrigation)

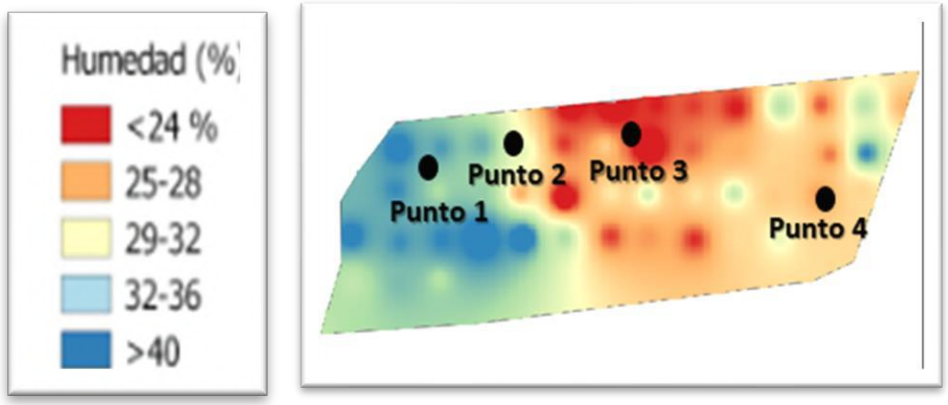




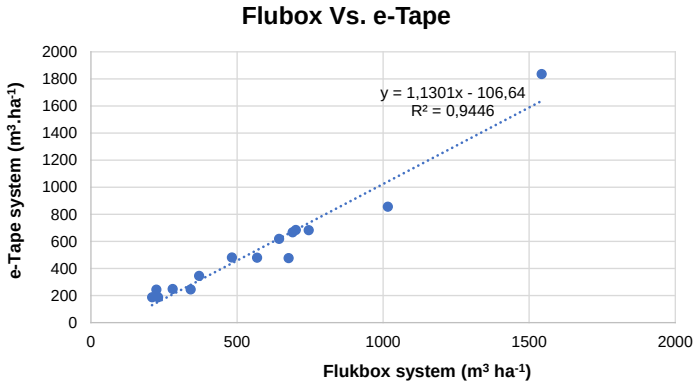
MÁS ARROZ CON MENOS AGUA

Monitoreo hídrico

En el suelo



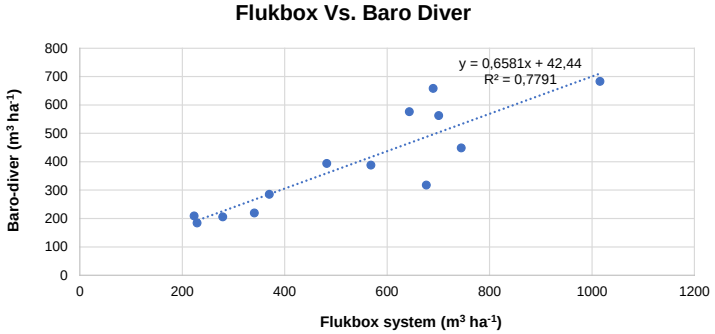
Uso de TDR portátil



Agua superficial

Sensor Baro-diver

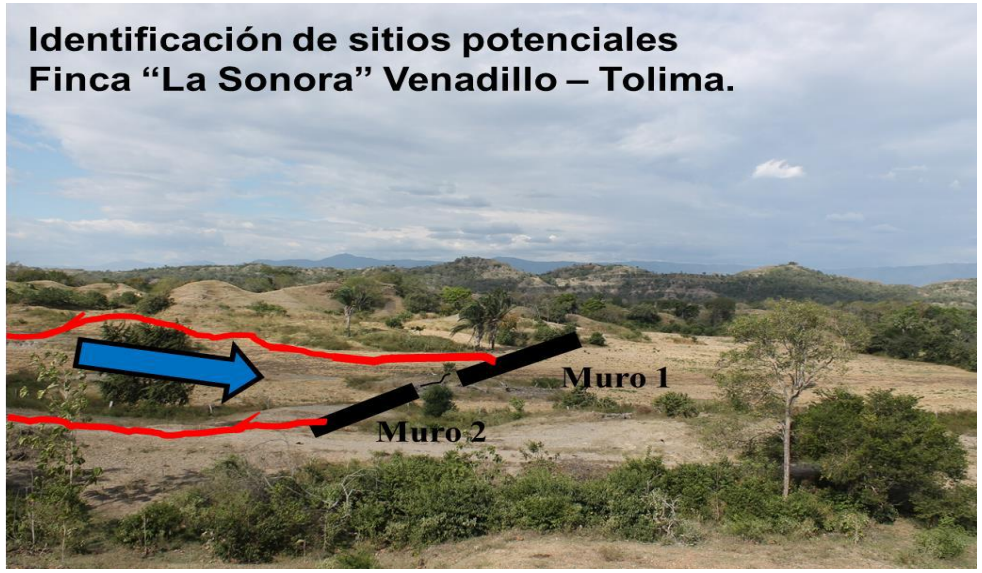
Sensor eTape



Construcción de pequeños reservorios para almacenamiento de agua a nivel de fincas

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

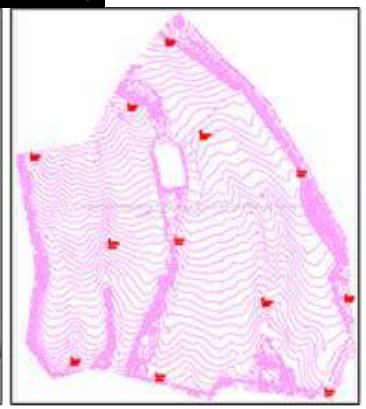
1



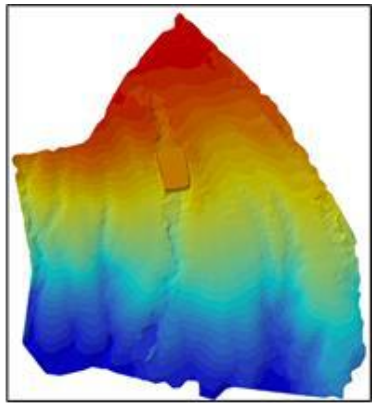
2

Fotogrametría con drones

Ortofotomosaico

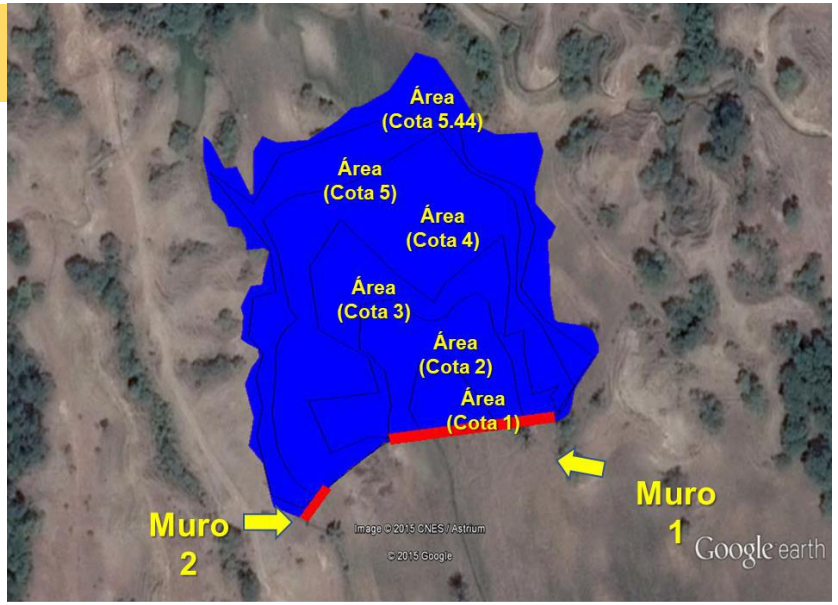


Mapa vectores (curvas de nivel)



Modelo Digital de elevación 3D

3



Altura de reservorio de agua	Área (m^2)
Cota 1 m	898,00
Cota 2 m	3667,00
Cota 3 m	7413,00
Cota 4 m	15891,00
Cota 5 m	19785,00
Cota 5,44 m (espejo de agua)	**23871,00**

Proceso de construcción de reservorios de agua en fincas arroceras

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

4

Almacenamiento de agua a través de reservorios

Localización de dos reservorios
Hacienda La Sonora

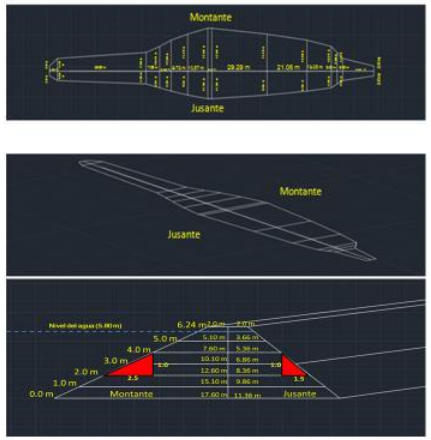
5

Diseño de obras de construcción
"Muros de contención en tierra"

DIMENSIONES ESTIMADAS DEL MURO 1

Cota (m)	Talud Montante (m)	Talud Jusante (m)
0,00	17,60	11,36
1,00	15,10	9,86
2,00	12,60	8,36
3,00	10,10	6,86
4,00	7,60	5,36
5,00	5,10	3,86
6,24	2,00	2,00

Diseño: vista aérea muro reservorio 1
Hacienda La Sonora



6

Vista general del reservorio

Muro de contención en la zona con la cota máxima

Explanación del lecho del reservorio

Talud montante del muro de contención

Verificación de la talud montante del muro de contención

Levantamiento topográfico de la base del muro

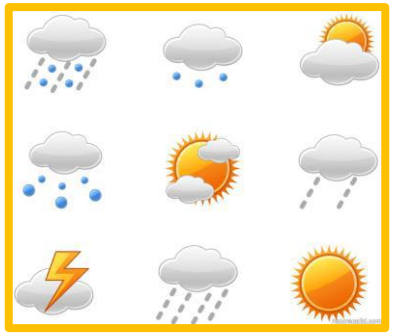
7

Área: 2.3 ha
Capacidad de almacenamiento: 52.000 m³

3. Resultados
La eficiencia y la sostenibilidad van de la mano

Cómo definir una variedad de arroz

Adaptabilidad y eficiencia en el uso de la energía solar



Plantas sanas

Calidad

Eficiente

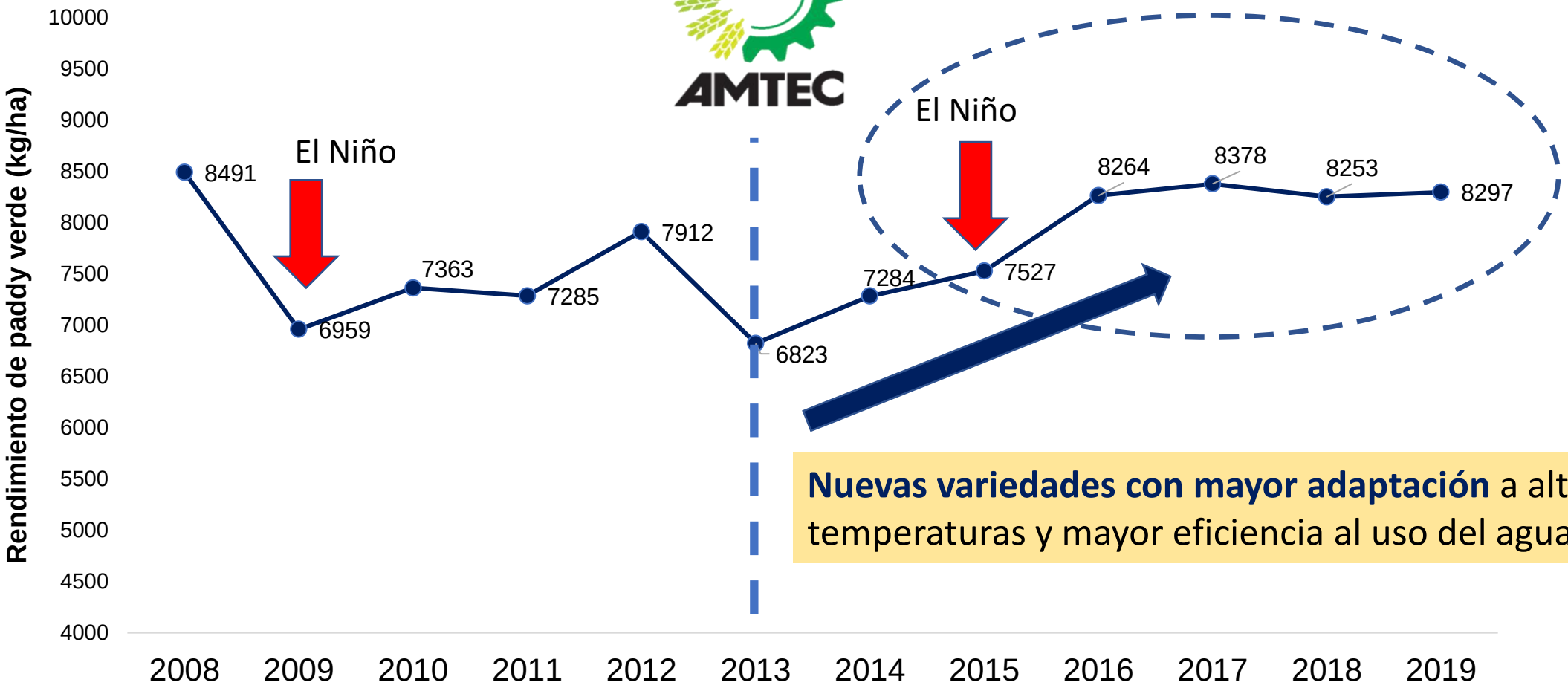
¿ QUE RASGOS DEFINEN EL IDEOTIPO DE LA VARIEDAD QUE ESPERAMOS ?

Precocidad

Rendimiento

Rendimiento promedio anual arroz paddy (Espinal 2008 - 2019)

Menos agua
Mayores Temperaturas



Nuevas variedades con mayor adaptación a altas temperaturas y mayor eficiencia al uso del agua.

Evaluación de la huella hídrica azul y verde

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

Clima y Sector Agropecuario Colombiano
Adaptación para la Sostenibilidad Productiva

MinAgricultura · PROSPERIDAD PARA TODOS · CIAT · FEDEARROZ

Verde

Azul

Gris

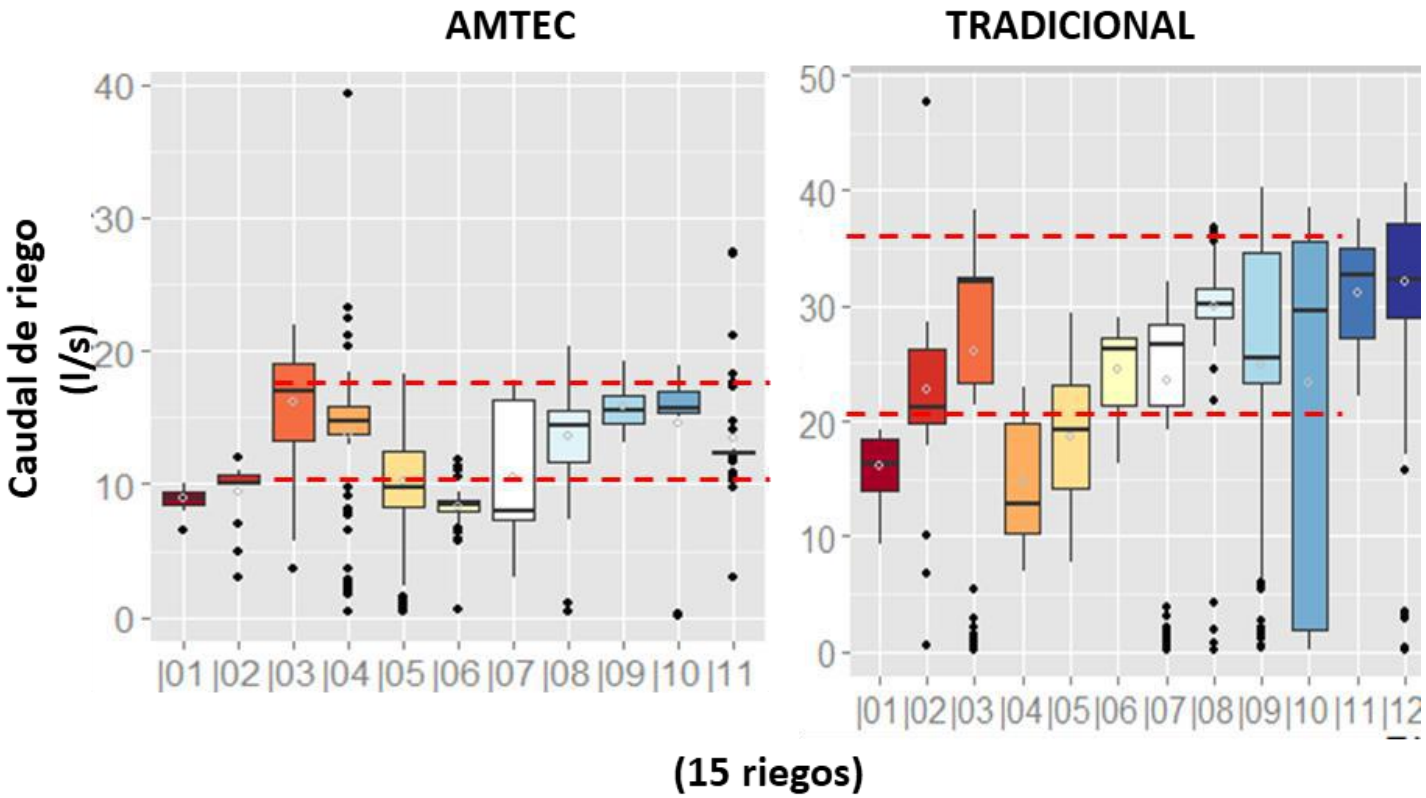
Lote Tradicional

Lote AMTEC

Hacienda Calicanto, Ibagué, Tolima, Colombia (2014)

Monitoreo de caudales de entrada

2 lotes arroceros (10 ha c/u)



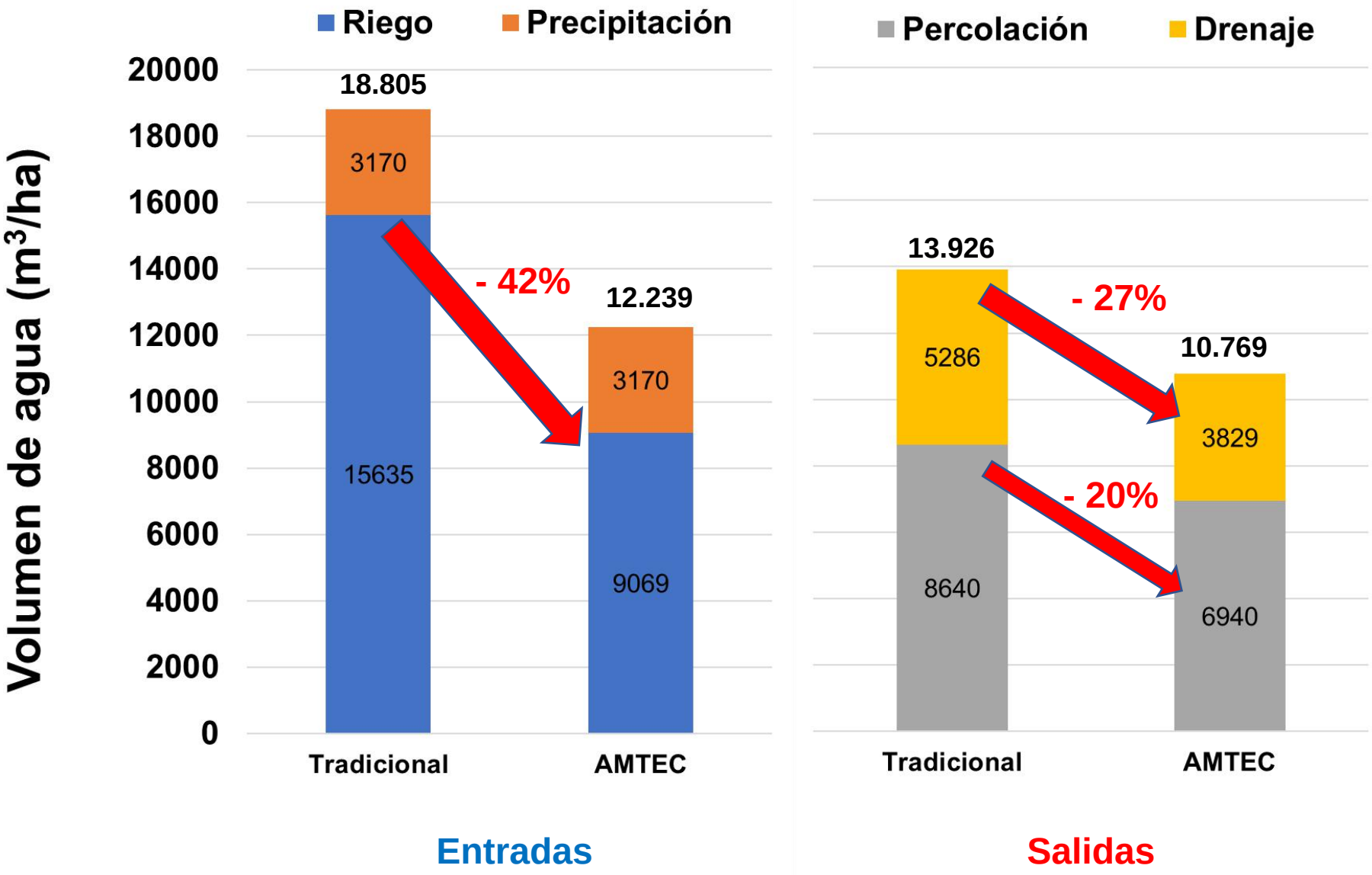
En promedio cada riego:

AMTEC = **800** m^3/ha/semana

Tradicional = **1078** m^3/ha/semana

- 25,8%

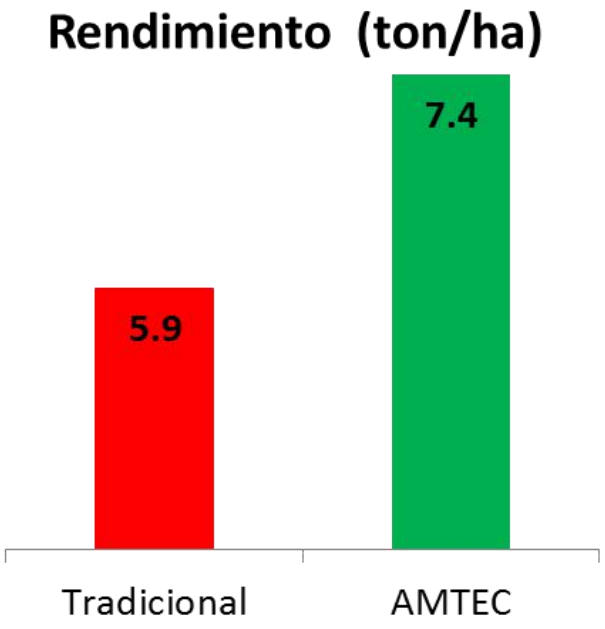
Balance hídrico (Entrada y Salidas)



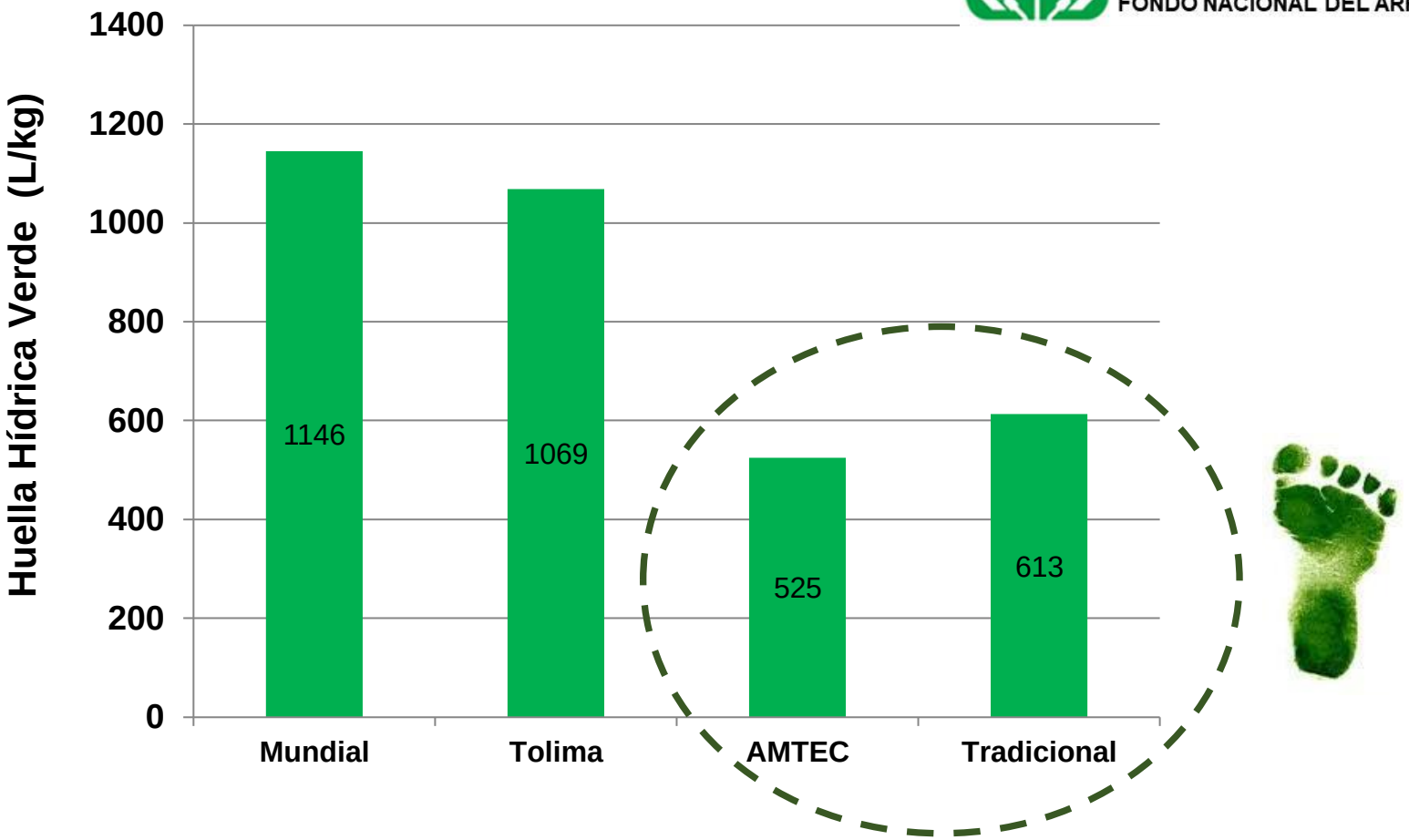
AMTEC redujo las pérdidas de agua en un 22,7%

Huella verde

Hv = Pp efectiva / Rendimiento



Incremento rendimiento con AMTEC en 25,4%

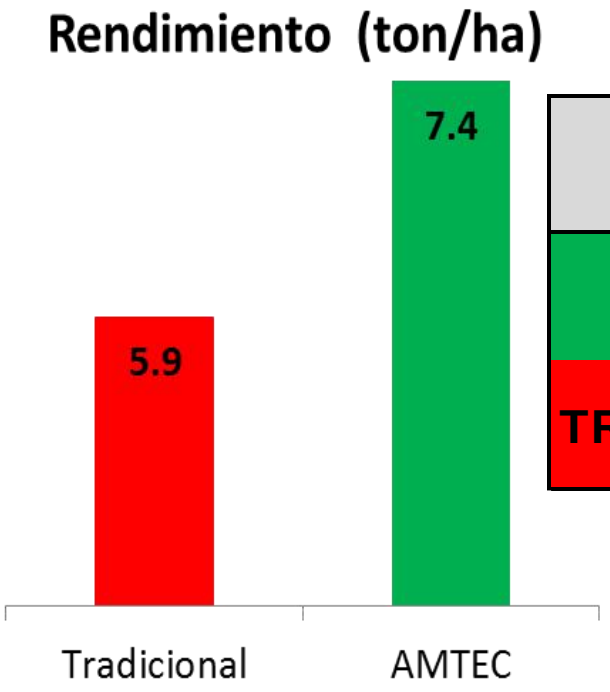


Reducción de Hv con AMTEC en 14,3% Frente a tradicional

Mayor aprovechamiento de la lluvia

Huella azul

H_{azul} = Agua aplicada / Rendimiento



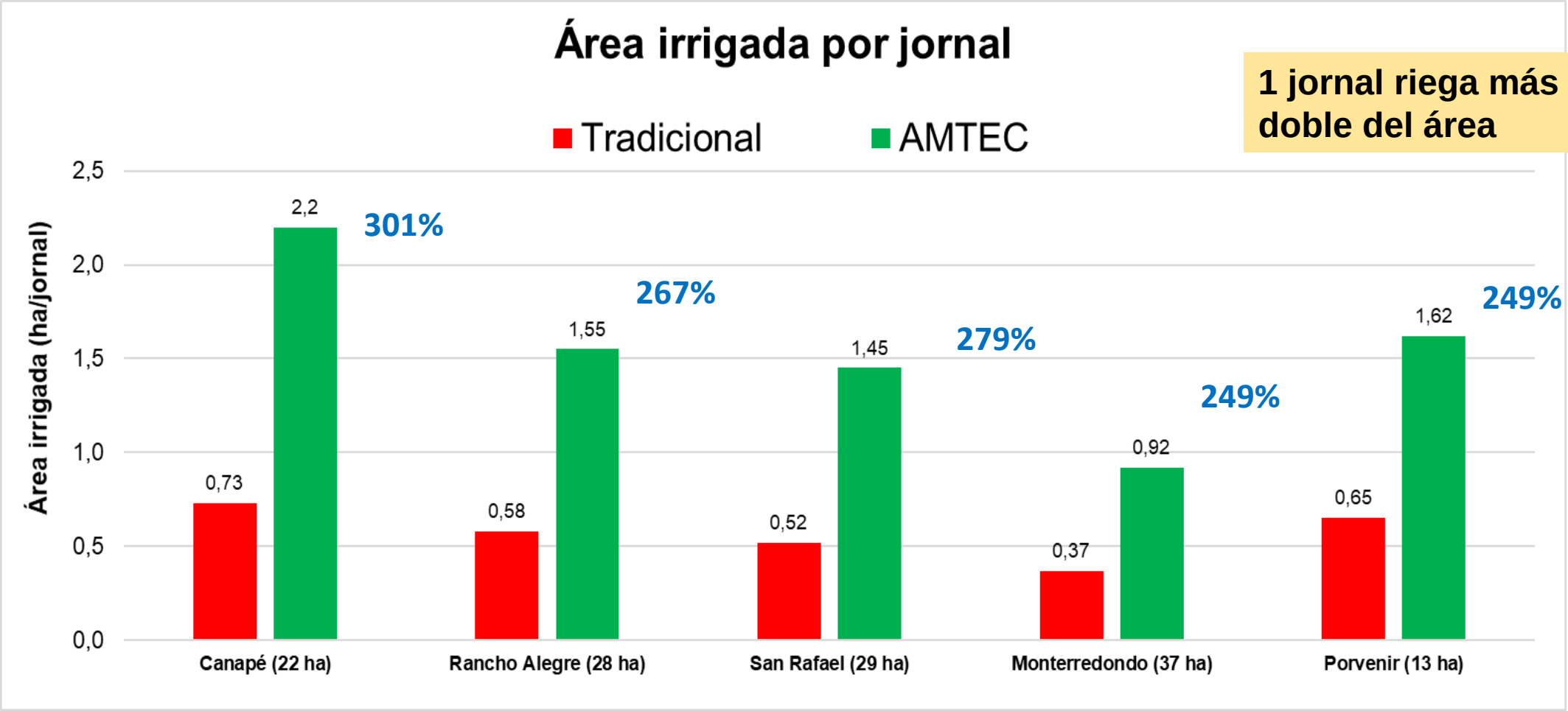
-42,0% + 25,4% - 53,7%

Manejo	Volumen de agua riego (m^3/ha)	Rendimiento de grano (kg/ha)	Huella azul (L/kg)
AMTEC	9.069	7.400	1.225
TRADICIONAL	15.635	5.900	2.650

Reducción en la H_{azul} con AMTEC de 53,7%

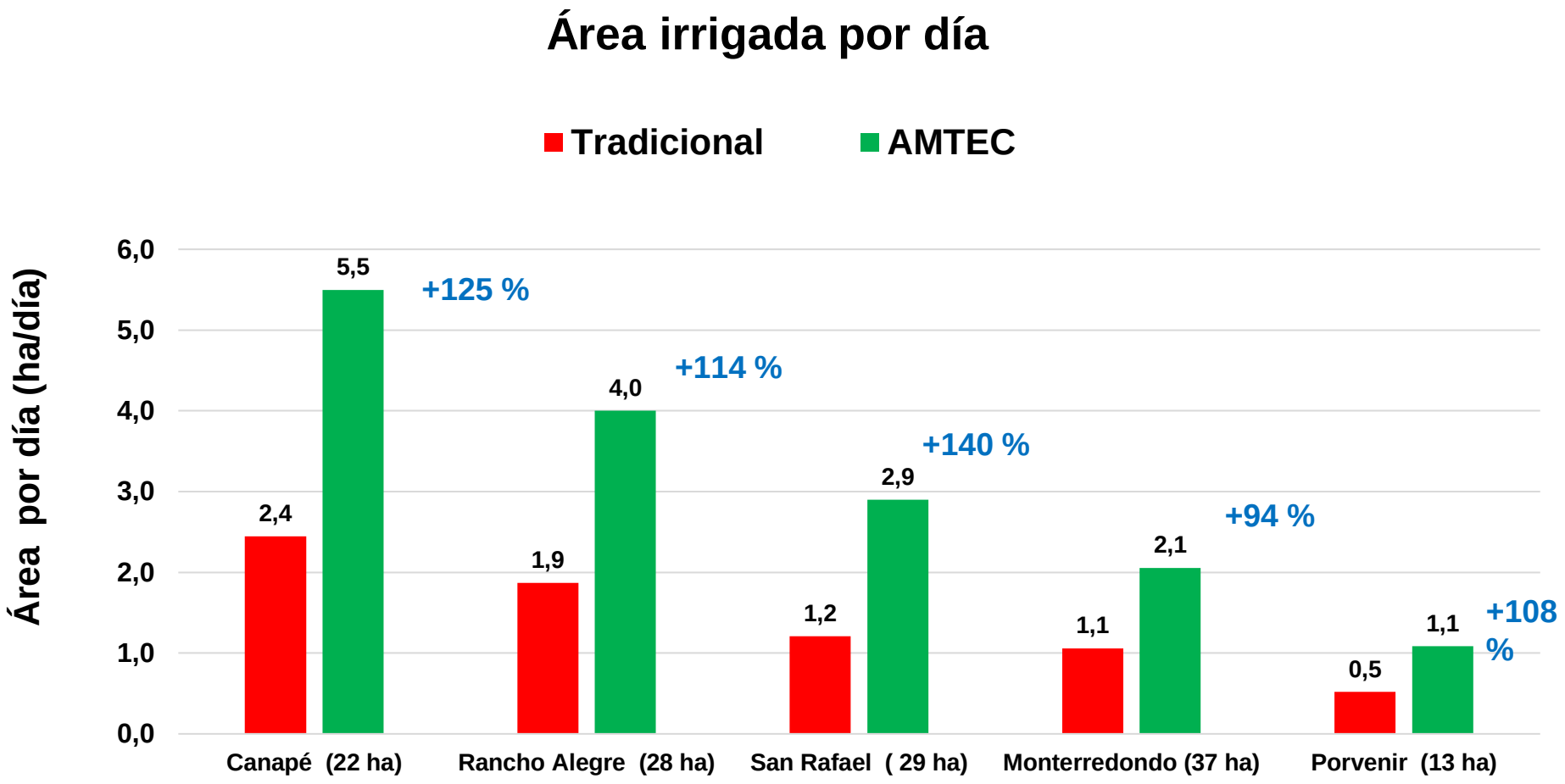
Eficiencia de AMTEC en mano de obra

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ



1 jornal riega más del doble del área

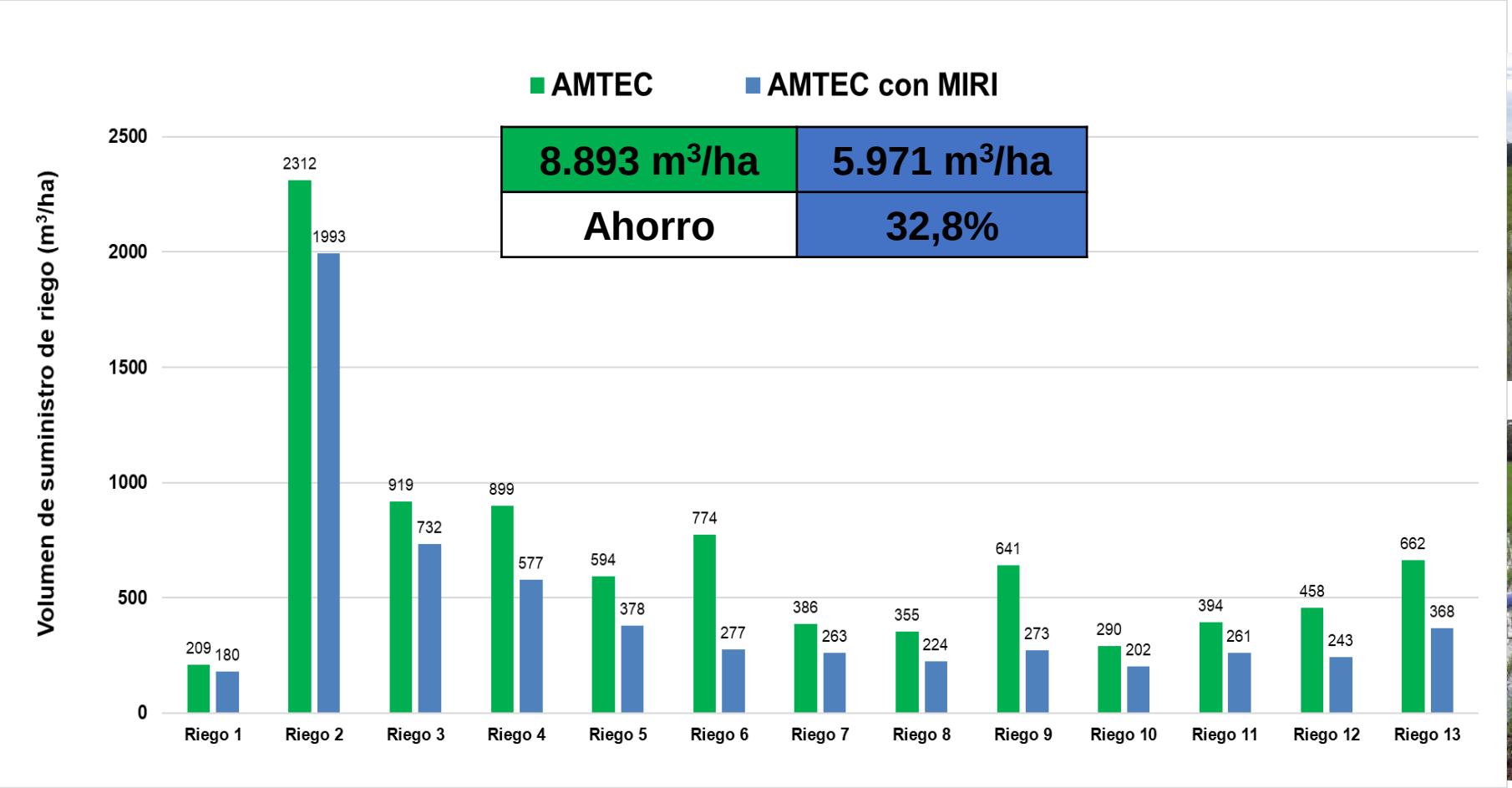
Eficiencia de AMTEC en área irrigada



- ✓ **Incremento promedio 116%**
- ✓ **Más del doble del área irrigada por día**

(Dpto. Técnico Espinal, 2015)

Resultados de MIRI (Riego en arroz por múltiples entradas)

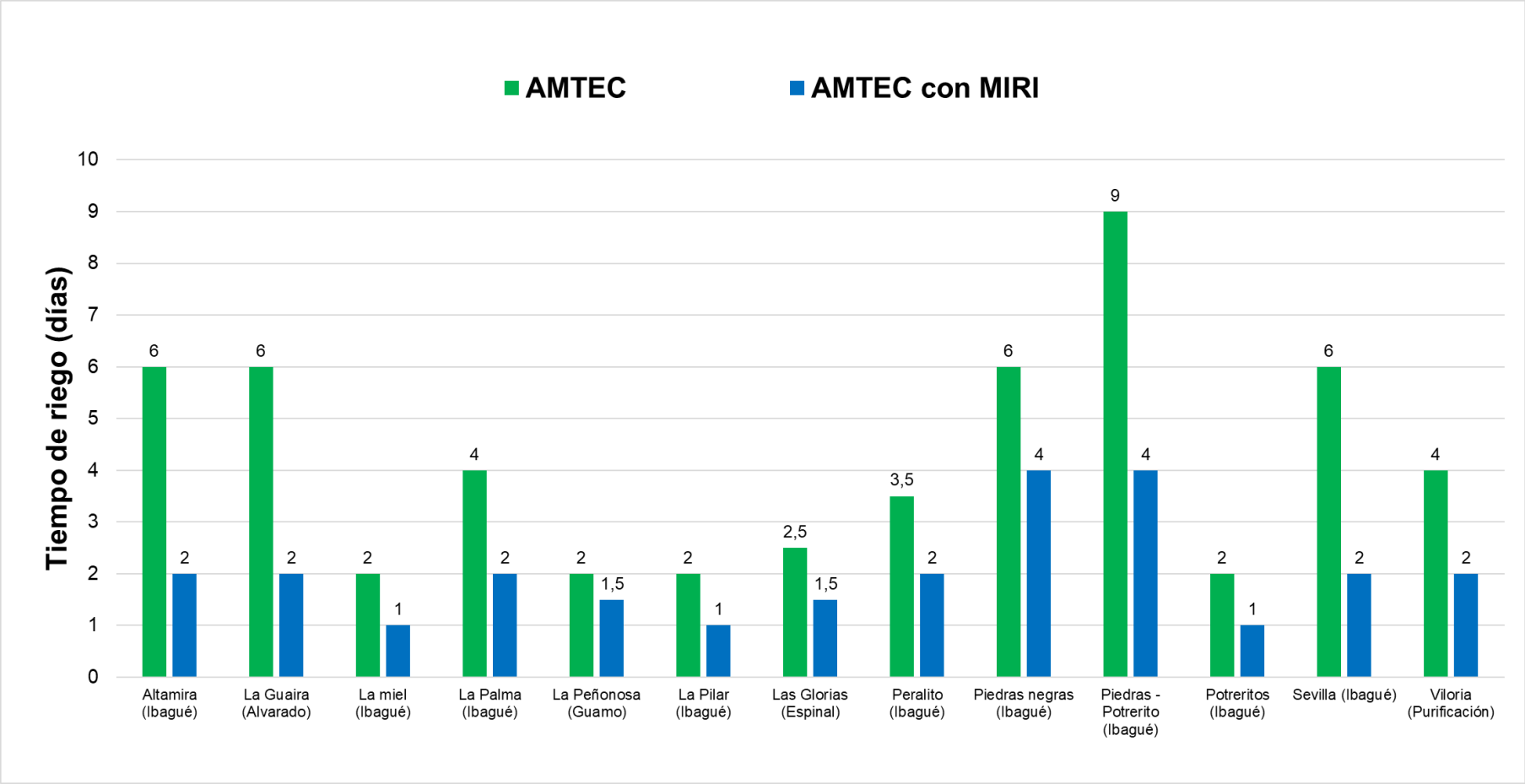


- ✓ **Riego de instalación cerca del 30% del total captado.**
- ✓ **Cada uno de los riegos representó entre el 5 y 6% del volumen total por cosecha**

(Pineda et al, 2019).

Resultados de MIRI (Riego en arroz por múltiples entradas)

Eficiencia en el riego AMTEC con MIRI



AMTEC	AMTEC con MIRI
1,9 ha/día	4,0 ha/día

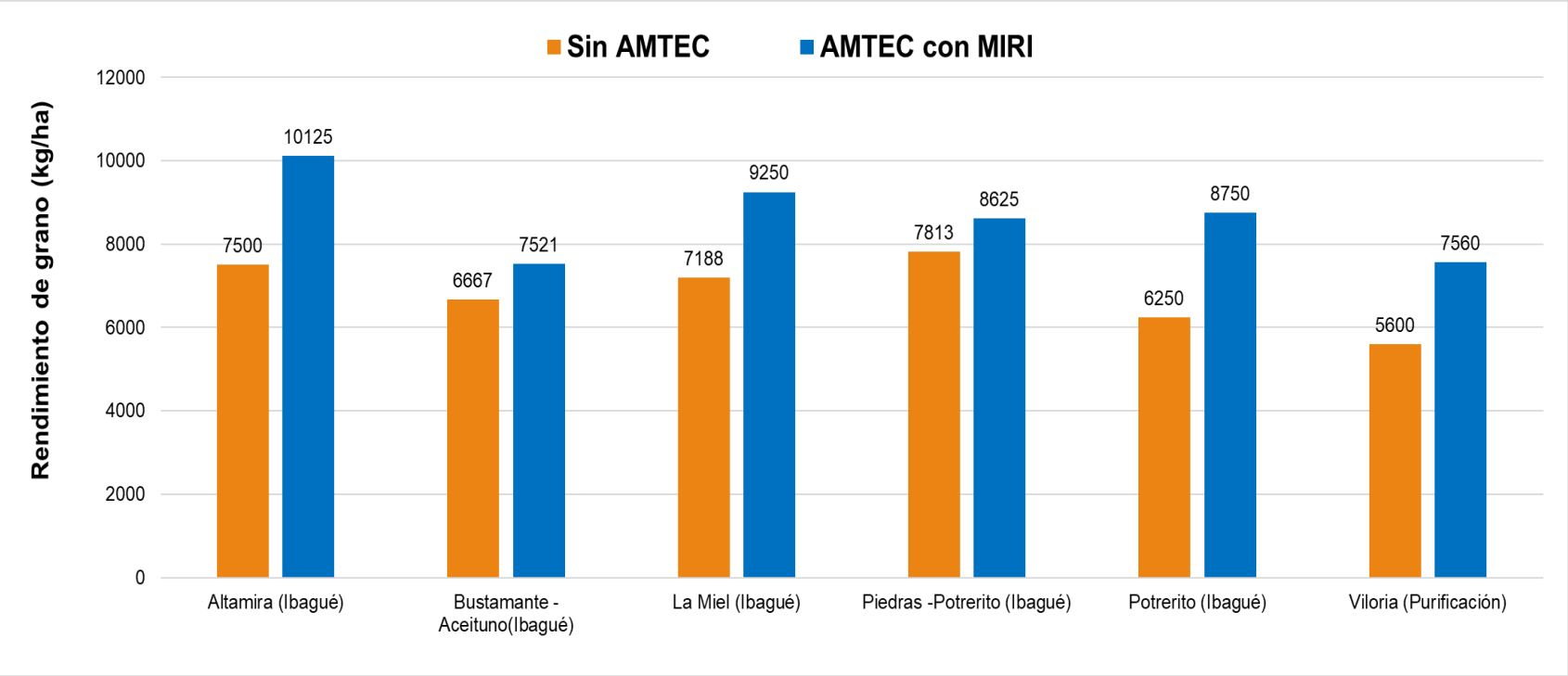
Ahorro tiempo riego
49,7%

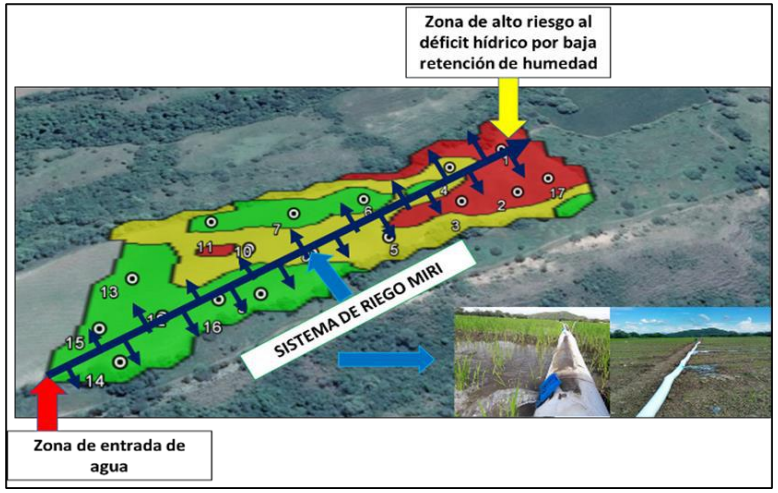
(Área técnica Fedearroz FNA, Sin publicar)

Resultados de MIRI (Riego en arroz por múltiples entradas)

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

Rendimiento AMTEC con MIRI





Sin AMTEC	AMTEC con MIRI
6.836 kg/ha	8.638 kg/ha

Incremento rendimiento
26%

(Área técnica Fedearroz FNA, Sin publicar)

Algunas fincas en el Tolima con MIRI, sistema desarrollado y promovido por Fedearroz

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

Perales (Ibagué)

Piedras negras (Ibagué)

Sevilla (Ibagué)

Sevilla (Ibagué)

La Morena (Espinal)

Paraíso (Ibagué)

Gamba (Ambalema)

Piamonte (Ibagué)

Gamba (Ambalema)

Peralito (Ibagué)

Guitarrero (Lérida)

LA CAPACITACIÓN A REGADORES CLAVE EN EL MANEJO DEL AGUA EN EL CULTIVO DEL ARROZ

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

Meseta de Ibagué

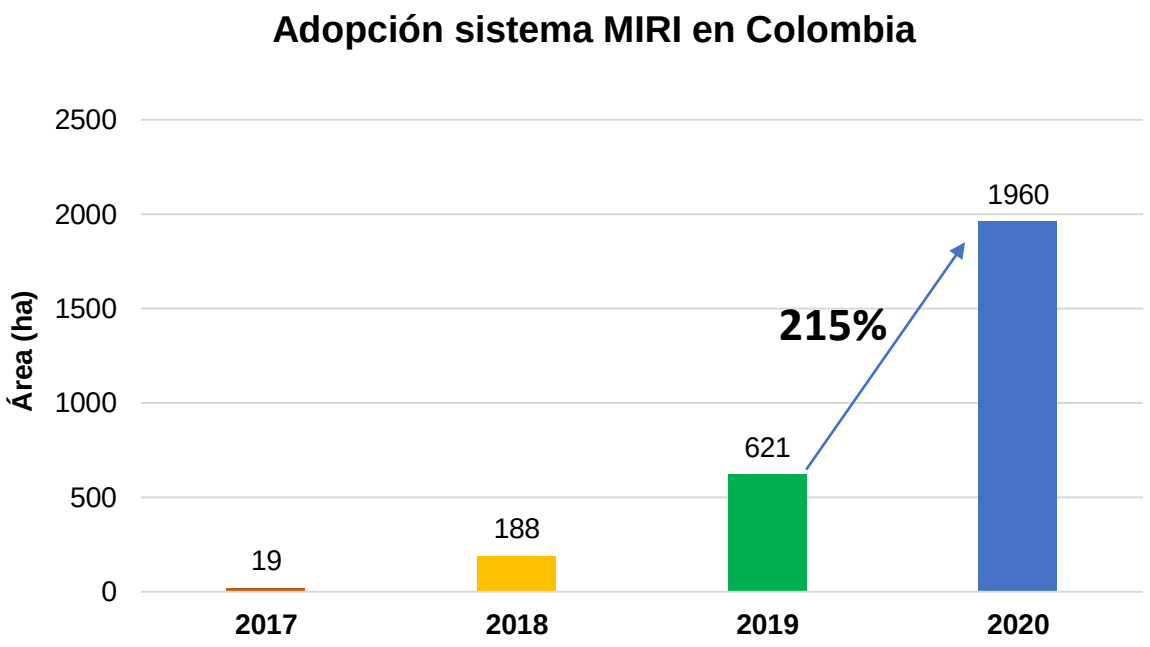
Generar nuevas capacidades técnicas en los regadores

- ✓ 80 regadores capacitados
- ✓ 150 horas de aprendizaje
- ✓ 10.000 ha impactadas

Norte del Tolima

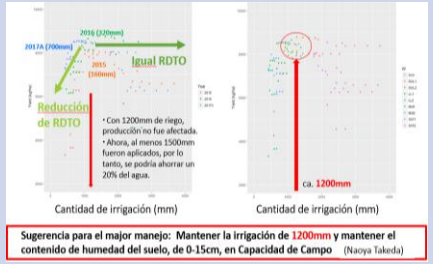
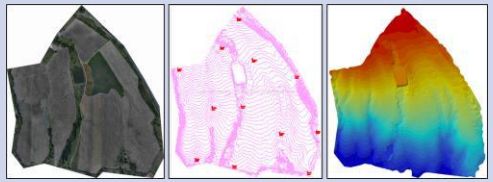
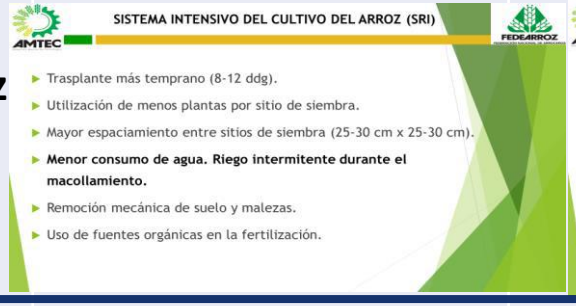
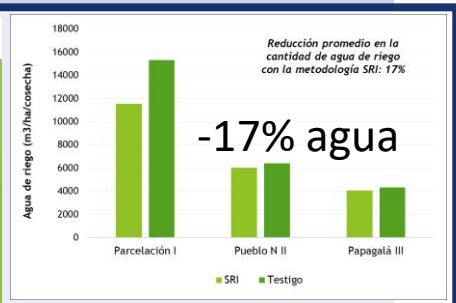
Magdalena, Norte del Cesar y Sur de la Guajira

FEDEARROZ Llevando MIRI por Colombia



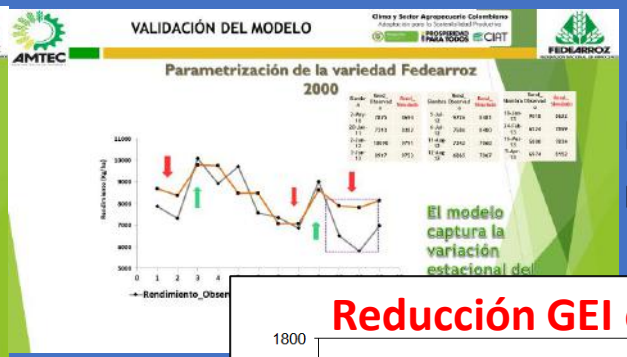
Departamento	Área 2017-2019 (ha)
Tolima	755
Huila	51
Meta	33
Casanare	20

INVESTIGACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Proyecto	Desarrollo de genotipos con mayor eficiencia en el uso del agua y de nutrientes	Modelación del cultivo (APSIM)	Estudio de cuencas y sistemas de monitoreo hídrico	Desarrollo de tecnologías en AP y nuevos perfiles de productores
SATREPS (Asociación para la investigación y desarrollo tecnológico del cultivo del arroz)				
Sistema intensivo del cultivo del arroz (SRI)				

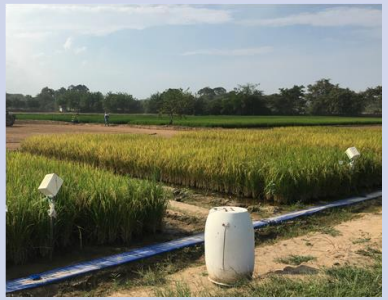
INVESTIGACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Modelación de cultivos (Oryza 2000)

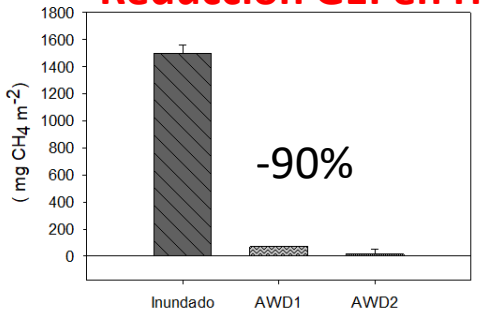


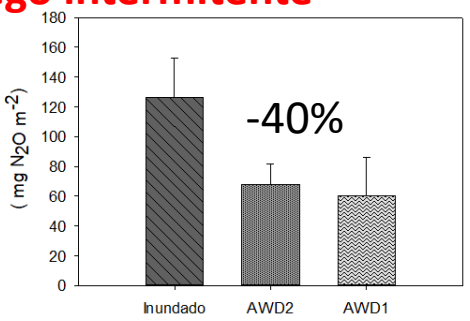
Predicción cercana del rendimiento real

Proyecto: "Más arroz, con menos emisiones y menor consumo de agua »



Reducción GEI en riego intermitente

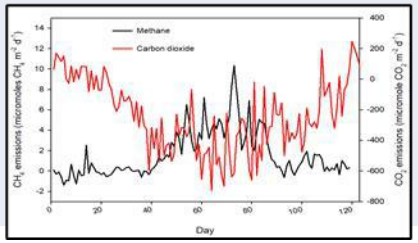




Flujos netos acumulados de metano y óxido nitroso para el primer ciclo de cultivo (Saldaña, 2019A).

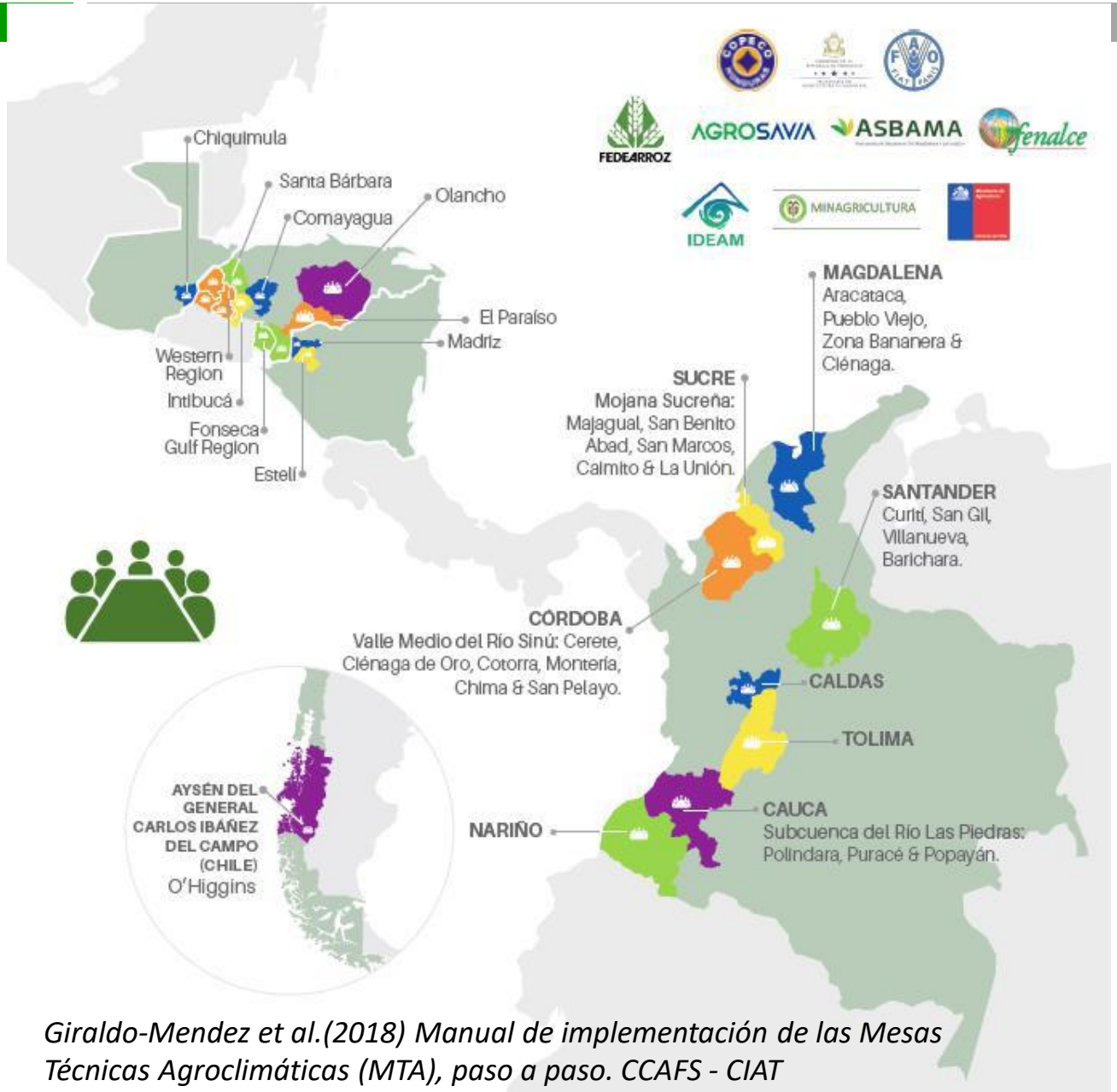
Sistema de Información para la Gestión de la Producción Ecológica

Objetivo: *Mejorar la eficiencia económica, ambiental y técnica de las cadenas productivas de los cultivos de arroz y palma en Colombia.*



EcoProMIS *contará con una "plataforma virtual", que utilizará tecnologías de observación satelital y de drones, combinada con datos ambientales y agronómicos, para investigar el impacto de la gestión de cultivos y ecosistemas en la biodiversidad, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la productividad afines con la producción de arroz y palma de aceite.*

Mesas Técnicas Regionales Agroclimáticas (MTA)



Giraldo-Mendez et al.(2018) Manual de implementación de las Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTA), paso a paso. CCAFS - CIAT

23 MTAs creadas en **5** países Latinoamericanos

196 Instituciones participando en las MTA en toda la región

330 mil agricultores reciben información agroclimática para su toma de decisiones

Diversos actores se reúnen para analizar el pronóstico climático de la región y generar recomendaciones agronómicas con base en dicha información (Boletín agroclimático)..

4. Consideraciones finales

- ✓ **La Infraestructura de riego** (Distritos de riego, presas, reservorios, pozos, etc…) son el camino no solo a la transformación de áreas de secano a riego, mitigando el efecto del déficit hídrico, que a su vez genera un nuevo **escenario más competitivo y sostenible** del cultivo de arroz.

- ✓ Prácticas de **adecuación** de suelo y **estructuración del riego** no solo impactan en el **ahorro del agua**, ya que propician el buen desempeño de la **agronomía y el rendimiento del cultivo**, como se demuestran en el programa AMTEC.

- ✓ El uso de nuevos sistemas de riego como **MIRI** acompañado de herramientas de **monitoreo del cultivo** permitirán mejorar la **gestión del agua** en el cultivo del arroz, incrementando los rendimientos con menos agua.

- ✓ El programa AMTEC a través de su integralidad ofrece herramientas que permiten lograr la **sostenibilidad del agua** en el cultivo del arroz. **(Más arroz con menos agua!)**

Reflexión

Población
Productividad
Sanidad
Área adecuada
Calidad
Con menos agua
$
CO_2

Muchas gracias !

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ