



ANACAFÉ
GUATEMALA



CAFEX
35 CONGRESO DE LA CAFICULTURA
GUATEMALA



CAFEX

35 CONGRESO DE LA CAFICULTURA
GUATEMALA

Riego inteligente como motor de sistemas altamente productivos en café Arábico y Robusta

Unidad Innovación y
Desarrollo

Contenido de la exposición



01

Contexto y fundamentos agronómicos

El reto climático, requerimientos del cultivo y la base técnica del riego

02

Riego inteligente: Implementación de tecnología en campo

Sensores, automatización, telemetría y fertirriego de precisión

03

Implementación en campo

Planificación, diseño hidráulico, calidad de agua y manejo agronómico

04

Resultados y proyección

Productividad, retorno de inversión y hoja de ruta de Anacafé



CAFEX

35 CONGRESO DE LA CAFICULTURA
GUATEMALA

Contexto y fundamentos agronómicos



El reto: cambio climático y la caficultura nacional

El cambio climático altera los patrones de lluvia y multiplica las sequías en fases críticas del cultivo. Regiones cafetaleras del país ya han reportado pérdidas de producción de entre 2% y 22% en años con lluvia irregular. Contar con un sistema de riego eficiente ya no es opción: es la base de la resiliencia productiva.



Aumento de sequías

en fases críticas del desarrollo del fruto



Distribución irregular

de las lluvias entre regiones y ciclos

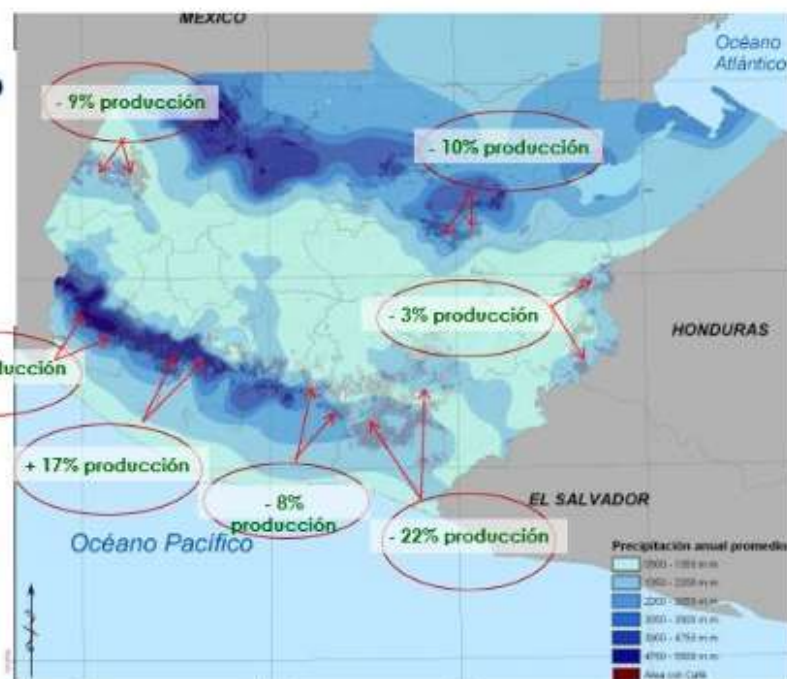
PRODUCCIÓN AFECTADA

2-22%

de caída en cosecha reportada a nivel nacional durante años de lluvia irregular por efectos de niño o niña

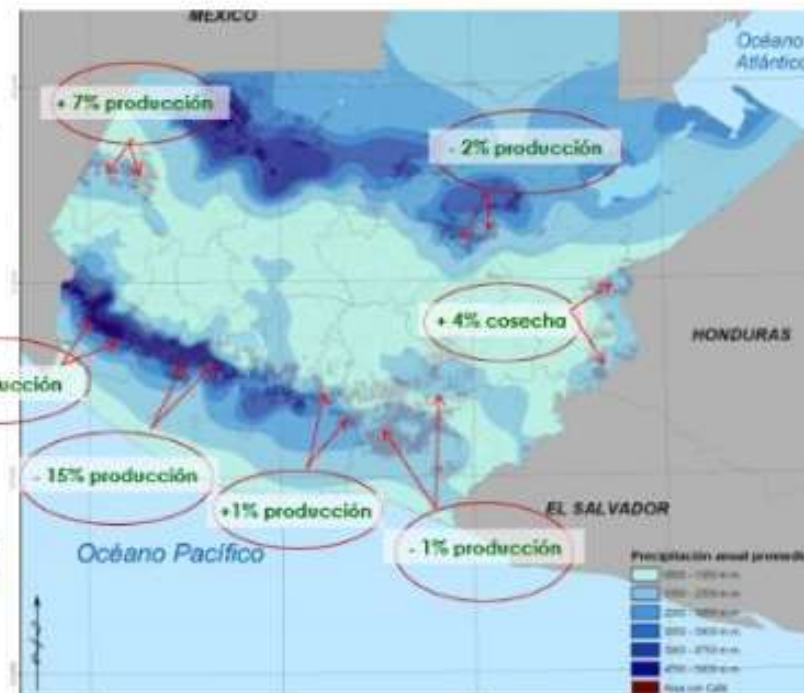
2009-10 ciclo "Niño" y la producción del café

Diferencia entre
pronóstico (mayo
09) y confirmación
(abr 10)



2010-11 ciclo "Niña" y la producción del café

Diferencia entre
pronóstico (mayo 10) y
confirmación (abr 11)



CAFEX
35 CONGRESO DE LA CAFICULTURA
GUATEMALA



65
AÑOS

Innovación y Desarrollo: riego tecnificado a nivel nacional

Desde el departamento de Innovación y Desarrollo de Anacafé acompañamos a caficultores en todas las regiones del país en la transición hacia sistemas de riego por goteo y fertirriego.



Cobertura nacional

Acompañamiento técnico en las regiones cafetaleras del país



Diseño a la medida

Sistemas agronómicos e hidráulicos según condiciones de cada finca



Transferencia de conocimiento

Capacitación directa a productores y equipos técnicos



CAFEX
35 CONGRESO DE LA CAFICULTURA
GUATEMALA



65
AÑOS

¿Cuánta agua necesita realmente el cultivo?

El requerimiento hídrico no es un número fijo: varía según la zona de vida, el marco de plantación, el arreglo espacial, tipo de suelo y la evapotranspiración.

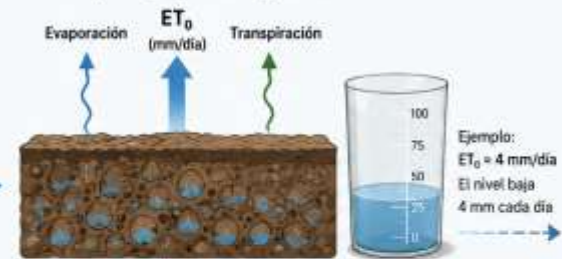
EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET_0)

¿Cómo se pierde y cómo se repone el agua?

- 1 AGUA DISPONIBLE EN EL SUELO**
El suelo tiene agua almacenada en sus poros.



- 2 EL AGUA SE PIERDE POR ET_0**
La evaporación del suelo + la transpiración de las plantas (ET_0) extraen agua cada día.



- 3 SI NO SE REPONE AGUA**
El nivel sigue bajando y la planta entra en estrés hídrico.



¿CÓMO SE REPONE EL AGUA PERDIDA?

- 4A REPOSICIÓN CON RIEGO**
Aplicamos la lámina de riego según la ET_0 .



- 4B REPOSICIÓN CON LLUVIA**
La lluvia también repone agua en el suelo.



- 5 BALANCE IDEAL**
Reponer lo que se pierde = uso eficiente del agua.



RECUERDA:
La ET_0 es la referencia de cuánta agua se pierde cada día por el clima. Si reponemos esa cantidad, mantenemos el suelo húmedo y la planta productiva.

↑ Evaporación del suelo
↑ Transpiración de la planta
● Agua en el suelo



REQUERIMIENTO PROMEDIO

12 a 16

metros cúbicos de agua
por hectárea, al día

El riego inteligente ajusta esta dosis en tiempo real según sensores y clima, en lugar de aplicar un volumen fijo.

Floración: la ventana crítica para el riego

La floración es el momento de mayor sensibilidad hídrica del café: un déficit de agua en esta etapa reduce directamente el número de frutos cuajados, sin posibilidad de recuperación en el mismo ciclo.



Riego de precisión en floración

asegura la uniformidad del cuajado y protege el potencial de cosecha



Los sensores anticipan el estrés

y permiten regar antes de que la floración se vea comprometida



Café Arábica y Robusta: dos cultivos, dos estrategias de riego

El diseño del sistema de riego inteligente debe partir de la genética que se cultiva: cada especie responde de forma distinta al riego, altitud y temperatura.

Variable	Arábica <i>Coffea arabica</i>	Robusta <i>Coffea canephora</i>
Altitud óptima	800 – 2,200 msnm	0 – 800 msnm
Temperatura	15°C – 24°C	18°C – 41°C
Exigencia hídrica	Alta y constante, sensible al déficit	Más tolerante a variaciones de humedad
Tolerancia a sequía	Baja	Moderada
Ciclo productivo	Con manejo de tejido	Con manejo de tejido

Robusta: un cultivo en expansión en el país

El café Robusta gana terreno en zonas bajas donde el Arábica no es viable. Su adaptabilidad a zonas bajas y alta productividad lo han convertido en una buena alternativa para generar fuentes de ingreso.



Cerca del 30% de la producción mundial

y en crecimiento sostenido en zonas bajas y cálidas



Mayor tolerancia a la variación hídrica

pero el riego programado sigue elevando su rendimiento



Rendimiento continuo durante el año

lo que exige un sistema de riego capaz de sostener ciclos más largos



Mayor resistencia natural a plagas

reduce el riesgo productivo frente al Arábica en tierras bajas



CAFEX
35 CONGRESO DE LA CAFICULTURA
GUATEMALA



65
AÑOS



Riego inteligente: Implementación de tecnología en campo

¿Cómo los sensores, la automatización y los datos convierten el riego por goteo en una herramienta de decisión?

Del riego convencional al riego inteligente

El riego por goteo resolvió cómo aplicar el agua de forma eficiente. El riego inteligente resuelve **cuánto, cuándo y dónde** aplicarla, con base en datos reales del cultivo y del clima.

RIEGO CONVENCIONAL

- Programación por temporizador o calendario fijo
- Dosis de agua igual para todos los sectores
- Ajustes manuales, dependientes de la experiencia del encargado
- Detección tardía de fallas o zonas con déficit hídrico

RIEGO INTELIGENTE

- Decisiones basadas en sensores de humedad y clima en tiempo real
- Dosis diferenciada por sectores, según la necesidad real de la planta
- Automatización y monitoreo remoto desde cualquier lugar
- Alertas tempranas ante fallas, fugas o estrés hídrico

Componentes de un sistema de riego inteligente



Cuatro capas trabajan juntas: cada una puede operar por separado, pero es la integración la que convierte los datos en decisiones de riego.

01



Sensores de campo

Humedad del suelo, temperatura y tensiómetros que miden la condición real de la planta

02



Estación meteorológica

Lluvia, radiación solar y evapotranspiración del sitio en tiempo real

03



Conectividad

Redes inalámbricas de bajo consumo que transmiten los datos desde el campo

04



Control y monitoreo

Plataforma central y aplicación móvil para decidir y automatizar el riego

El ciclo de decisión inteligente

Así se transforma un dato de campo en una acción de riego, de forma automática y continua.



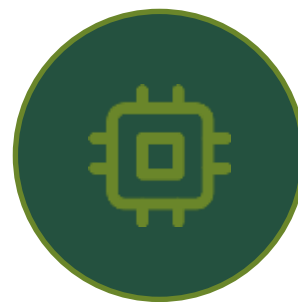
Medir

Sensores registran humedad, clima y estado del cultivo



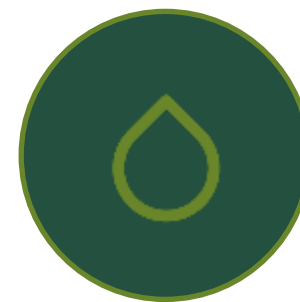
Transmitir

Los datos viajan por red inalámbrica hacia la plataforma central



Analizar

El sistema compara la condición actual contra el requerimiento del cultivo



Regar

El controlador activa el riego preciso, por sector y por tiempo necesario

El ciclo se repite de forma continua durante todo el día, ajustándose a cada cambio de clima o suelo.

Monitoreo en campo: sensores y tensiómetros

Los tensiómetros miden la tensión de humedad del suelo directamente en la zona radicular, indicando con precisión el momento exacto en que la planta necesita agua — antes de que el estrés hídrico afecte la producción.



Instalación en la zona de mayor aprovechamiento radicular



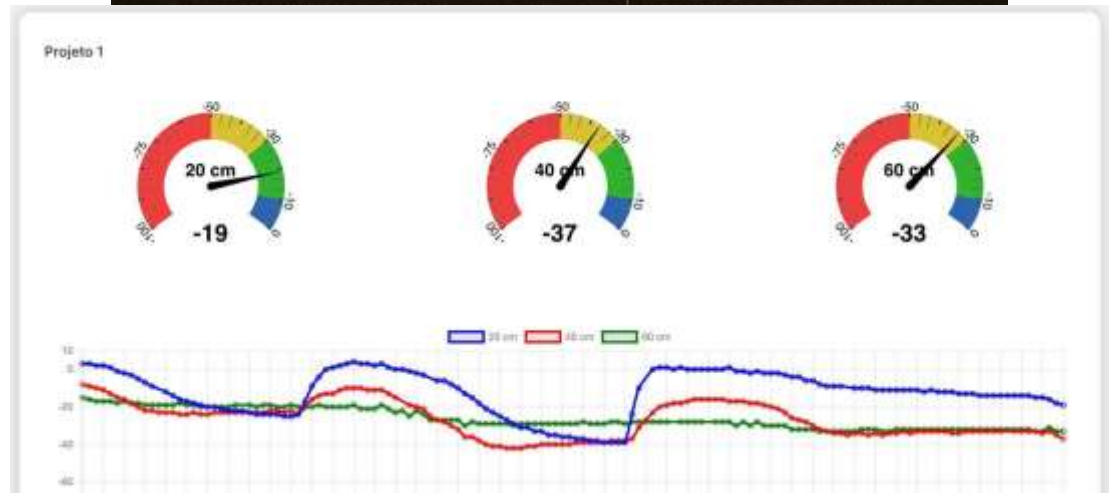
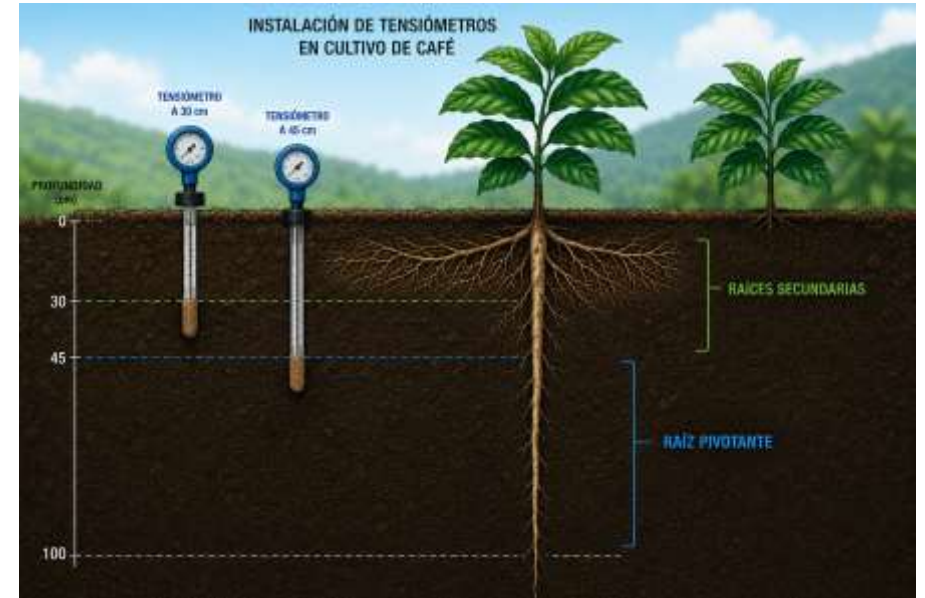
Lecturas de campo que se integran a la plataforma de riego



Reduce el riego por exceso y previene enfermedades radiculares



Complementa —no reemplaza— el criterio agronómico del técnico



Estaciones meteorológicas y telemetría

Las estaciones meteorológicas de campo entregan datos de lluvia, evapotranspiración y pronóstico a corto plazo, permitiendo suspender o ajustar el riego automáticamente cuando la lluvia ya cubre la necesidad del cultivo.



Pronóstico de lluvia a 24, 48 y 72 horas por finca



Ahorro de agua y energía al evitar riegos innecesarios



Historial climático para planificar por ciclo productivo



Fertirriego inteligente: nutrición de precisión

El sistema de riego por goteo suministra los nutrientes exactos de forma sincronizada con cada etapa fenológica del cultivo



Dosis exacta, según etapa fenológica y análisis foliar/suelo



Momento óptimo: floración, llenado de grano y desarrollo radicular



Aplicación localizada, directo a la zona radicular activa



Menos pérdida de nutrientes por lixiviación o escorrentía



Planificación del sistema productivo

Antes de instalar un metro de manguera, el sistema se planifica: objetivos de producción, variedad, marco de plantación y manejo de tejido definen el diseño hidráulico completo.



Metas de producción a obtener



Variedades a establecer



Marco de plantación



Manejo de tejido

INFLUENCIA DEL ARREGLO ESPACIAL

Plantas efectivas por hectárea, según distancia entre plantas

3.0 m × 0.50 m

6,666

plantas/ha

3.0 m × 0.60 m

5,555

plantas/ha

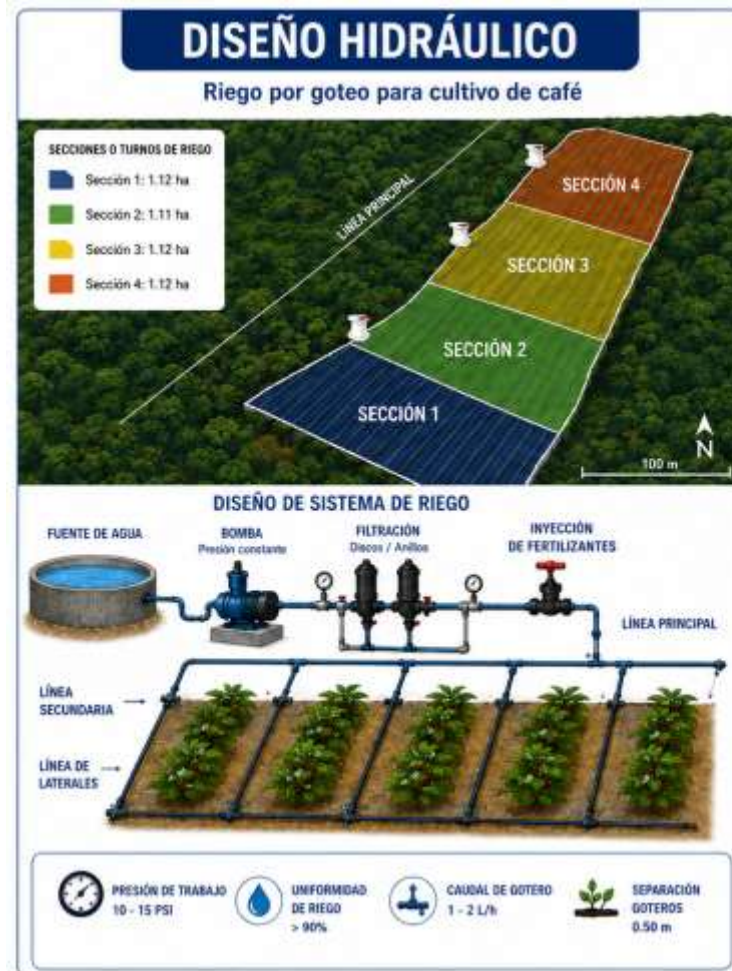
3.0 m × 0.70 m

4,761

plantas/ha

Diseño hidráulico, calidad de agua y mantenimiento

Un sistema inteligente exige una base hidráulica sólida: diseño por sectores, presión uniforme y un protocolo de mantenimiento que garantice la vida útil del equipo.



Buenas prácticas

- Análisis periódico de agua
- Limpieza de mangueras con ácido fosfórico
- Limpieza de filtros de anillos
- Revisión de presión por sector

Plantas de calidad: la base del éxito del sistema

Un almácigo de 100 puntos es la garantía de que el sistema de riego expresará todo su potencial. La calidad de la planta se define antes de sembrar: en el vivero.



Simetría radicular – follaje

Equilibrio entre el desarrollo de raíz y parte aérea



Sanidad radicular y vegetal

Libre de plagas, enfermedades y daños mecánicos



Tamaño ideal

Edad y altura óptimas para el trasplante a campo definitivo



Genética adecuada

Variedades Arábica y clones Robusta (FRT, tropicales) según finca



CAFÉ PARA TODA LA VIDA

CONOCIENDO LAS CARACTERÍSTICAS ADECUADAS DE UNA PLANTA DE VIVERO

Café para toda la vida significa elaborar plantas de alta calidad y llevar al campo lo mejor, para garantizar rentabilidad y sostenibilidad.

ÍNDICES QUE UNA PLANTA DE CALIDAD DEBE CUMPLIR

Robustez: el balance entre la altura y el grosor del tallo, clave para la estabilidad.

1 mm de diámetro de tallo por cada 6 cm de altura foliar.

Tallo/raíz (ITR): relación de pesos secos de raíces y área foliar, determina el equilibrio fisiológico.

75% ± 2% de peso seco foliar
25% ± 2% de peso seco raíces

Genética: utilice semillas que garanticen pureza.

Plantas sanas y vigorosas: sin presencia de enfermedades o deficiencias.

Tallos rectos: sin tallos torcidos o inclinados.

Sustrato sano y adecuado: sin nematodos, buena estructura y drenaje.

DEFECTOS DE RAÍCES: no debe existir ninguno.



Cola de coche Bifurcada Torcida Sentada Rota

! Evalúe cuidadosamente las plantas antes del trasplante al campo, ya que su calidad influirá en la productividad futura del café. El análisis Calidad de Viveros está disponible en Analab.

IF: 32-2025

Para ampliar la información, [descargar el boletín](#)



Manejo agronómico por etapas del cultivo

El riego inteligente ajusta automáticamente la dosis y frecuencia según la etapa fisiológica de la planta.

0 a 6 meses

Desarrollo inicial

Enfocado en un buen desarrollo radicular y crecimiento vegetativo. Las raíces son la clave de la alta productividad futura.

-
- Nutrición
 - Manejo de tejido
 - Cronograma de actividades
 - Análisis foliares y de suelos

7 a 18 meses

Preparación productiva

Crecimiento radicular y vegetativo con estructura adecuada, preparando la planta para su primera floración.

-
- Nutrición
 - Manejo de tejido
 - Cronograma fitosanitario
 - Análisis foliares y de suelos

18 meses en adelante

Plantas productivas

Orientado a lograr la mayor productividad posible a lo largo de toda la vida útil del cultivo.

-
- Nutrición sobre extracción
 - Manejo de tejido productivo
 - Cronograma de actividades
 - Análisis foliares y de suelos

Mecanización y escalabilidad operativa

La tecnificación del riego se complementa con mecanización de labores clave, permitiendo que una finca escale su operación sin aumentar proporcionalmente su mano de obra.



Preparación de suelos y transporte de insumos mecanizado



Reducción de tiempos operativos en labores repetitivas



Optimización de personal



CAFEX
35 CONGRESO DE LA CAFICULTURA
GUATEMALA



65
AÑOS



Resultados y proyección

Lo que el riego inteligente ya está logrando en Guatemala

Potencial productivo con riego tecnificado

Evaluación de adaptabilidad de sistemas de riego · pronóstico a los 18 meses, para cosecha a los 30 meses

Plantas efectivas por hectárea	6,000
Promedio de nudos nuevos por planta	460
Promedio de frutos por nudo	9
Promedio de frutos por planta	4,140
Promedio de frutos por libra	283
Pronóstico de cosecha (qq maduros/ha)	877.74
(-) 10% error de muestreo	87.77
Pronóstico final de cosecha (qq maduros/ha)	789.97



4× más producción

frente a un sistema convencional de café sin riego, en la misma unidad de área

Resultado de una adecuada instalación, planificación de marco de plantación y gestión inteligente del riego y fertirriego.

Productividad en contexto: la escala nacional de Anacafé



Anacafé clasifica la productividad de una finca en quintales maduros por manzana. Así se ubica el potencial de un sistema de riego inteligente frente a ese estándar.

BAJA

< 100 qq/mz

MEDIA

100 – 200 qq/mz

ALTA

> 200 qq/mz

Fuente: Guía de Variedades de Café, Anacafé 2022

CASO DOCUMENTADO

188 qq maduros/mz

Finca Las Flores, Barberena, Santa Rosa — promedio de 7 cosechas (Anacafé)

PROYECCIÓN CON RIEGO INTELIGENTE

≈552 qq maduros/mz

Equivalente a las 789.97 qq maduros/ha proyectadas en este estudio — muy por encima del umbral "alta"



Impacto económico y ahorro de agua

La inversión en riego inteligente se recupera con la estabilidad y el volumen de cosecha que genera, no solo con el ahorro de insumos.



40–60%

de ahorro de agua reportado al pasar de riego convencional a riego tecnificado



1ª – 2ª cosecha

Reportan casos de éxito diversos caficultores de arábico y robusta



Alertas tempranas

de fugas y fallas del sistema, antes de perder cosecha por estrés hídrico

Hoja de ruta: riego inteligente a nivel nacional



La visión del Departamento de Innovación y Desarrollo para escalar esta tecnología a todas las regiones cafetaleras del país.



Conclusiones



El riego dejó de ser opcional

Es la herramienta central de adaptación al cambio climático en la caficultura nacional



Los datos mejoran la toma de decisión

Sensores, clima y automatización reducen el riesgo y el desperdicio de agua



Arábica y Robusta

Dos cultivos que expresan un gran potencial genético y productivo a este sistema



El resultado es medible

Hasta 4 veces más producción frente a un sistema convencional, con datos que lo respaldan



CAFEX

35 CONGRESO DE LA CAFICULTURA
GUATEMALA

GRACIAS

Contacto

CONTACTO — EQUIPO TÉCNICO

Erick Josué Hidalgo Díaz

Especialista en Innovación y Desarrollo

Erick.JHD@anacafe.org · 3772-7668

Julio Roberto Arzú Melgar

Consultor en Innovación y Desarrollo

JulioRAM@anacafe.org · 4154-5750

Ardanis Walberly Natareno García

Consultor en Innovación y Desarrollo

ArdanisWNG@anacafe.org · 5531-9504

Diego José Marroquín Zamora

Consultor en Innovación y Desarrollo

DiegoJMZ@anacafe.org · 5966-9059

Julio Arturo Mazariegos Santiago

Consultor en Innovación y Desarrollo

JulioAMS@anacafe.org · 4180-9619

ANACAFÉ

GUATEMALA

