



Centro Internacional de Agricultura Tropical  
Desde 1967 Ciencia para cultivar el cambio



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN  
Cambio Climático,  
Agricultura y  
Seguridad Alimentaria

**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE



# Modelación de Cultivos/CROPWAT

## Crop & Water

*l Taller de Fortalecimiento de los actores del foro del clima*  
Julio 16, 2019 – San José, Costa Rica

**Carlos Navarro-Racines**

A. Esquivel, D. Agudelo, J. Ramírez, et al.

 [c.e.navarro@cgiar.org](mailto:c.e.navarro@cgiar.org)  [@\\_cenavarro](https://twitter.com/_cenavarro)



El CIAT es un Centro de Investigación de CGIAR

# CONTEXTO



# Estos son los departamentos afectados por sequía severa en el país

La sequía se debe a la falta de lluvia en los últimos días, según el MARN.



# Sequía en Honduras deja pérdidas de más de millón de quintales de grano

04 Aug 2014 / 12:44 AM / Jessica Figueroa  
Los efectos del fenómeno de El Niño han dejado damnificadas a 72,000 familias del país.



# El Niño golpea a Centroamérica

La sequía impacta en la ganadería y la producción agrícola  
Temperatura de la superficie del mar (en °C, registro 23 ju

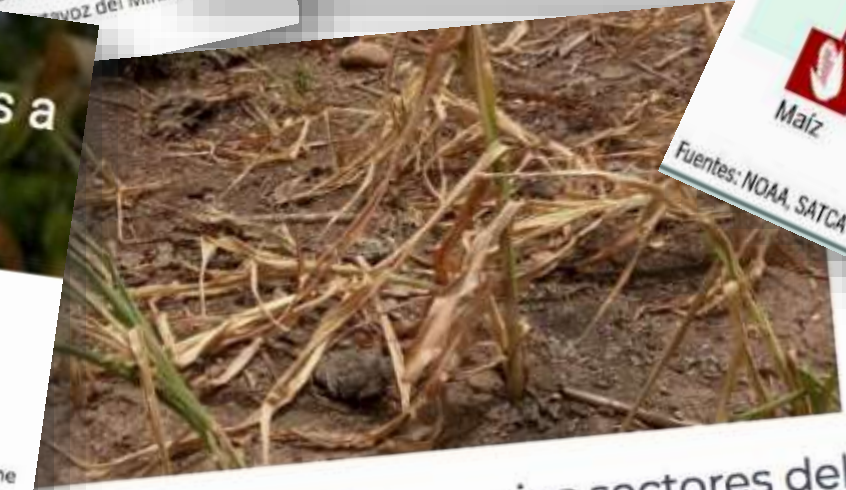


# El "Veranillo" mantiene alarmados a productores de granos básicos

Por Redacción HRN I. Monzón - 15 julio, 2018 245 0



El presidente de la Asociación de Productores de Granos Básicos (Prograno), Dulio Medina, manifestó a través de HRN, que las consecuencias que trae el veranillo, mantiene alarmados a los productores del país, en especial a los del departamento de Comayagua, quienes serán los más afectados por este fenómeno de la naturaleza.



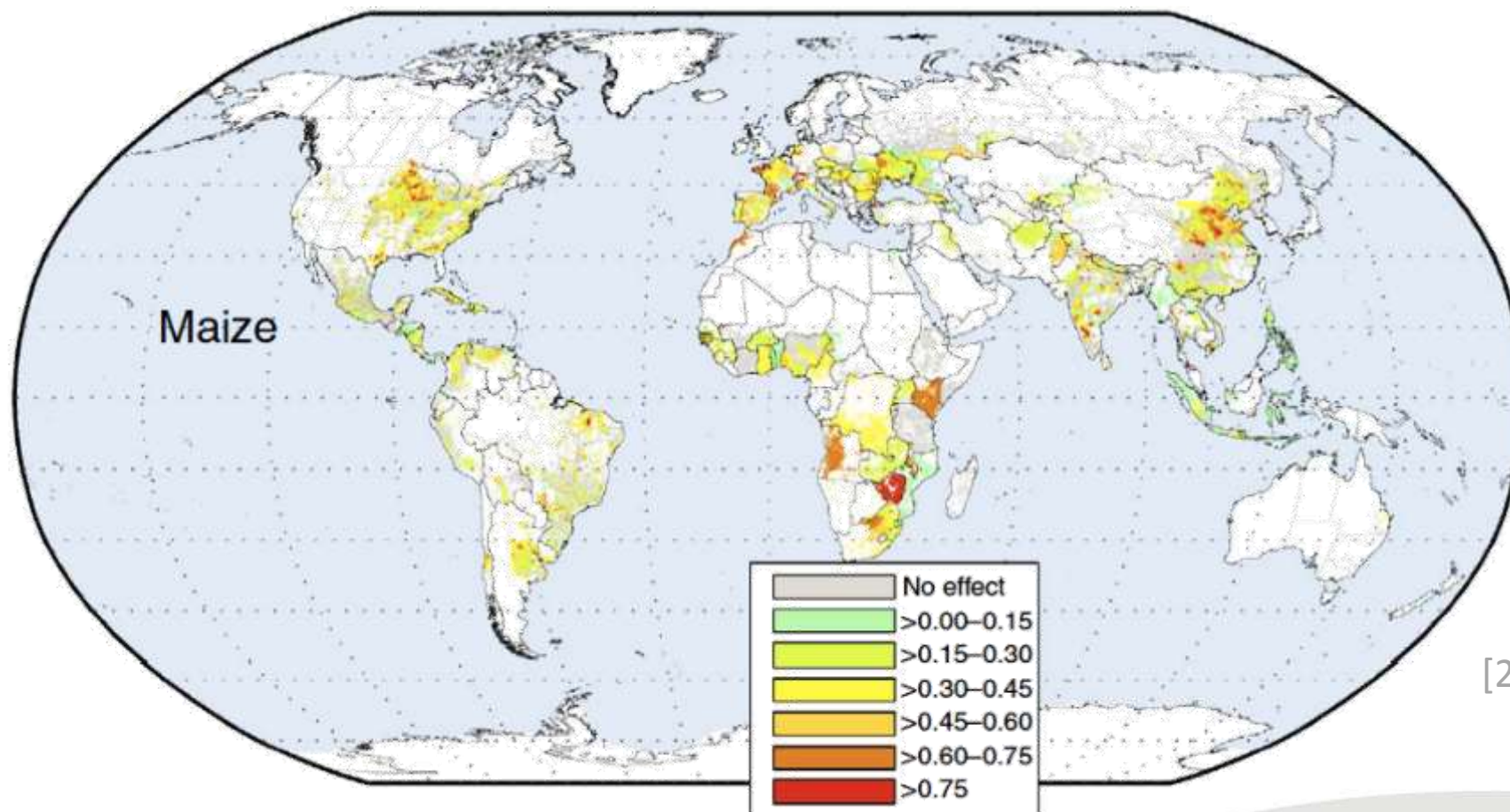
# Grave sequía afecta varios sectores del sur y oriente de Guatemala

16 julio, 2018 Luis Ángel Franco Fenómenos Naturales No Comment



# Por qué decisiones climáticamente inteligentes?

- El clima influencia ~32-39% de la productividad
- Nuestros sistemas son sensibles a él, no *resilientes* a él



[2] Total crop yield variability explained due to climate variability over the last three decades  
(Ray et al., 2015)

# Toma de decisiones en un ambiente de riesgo

Contexto

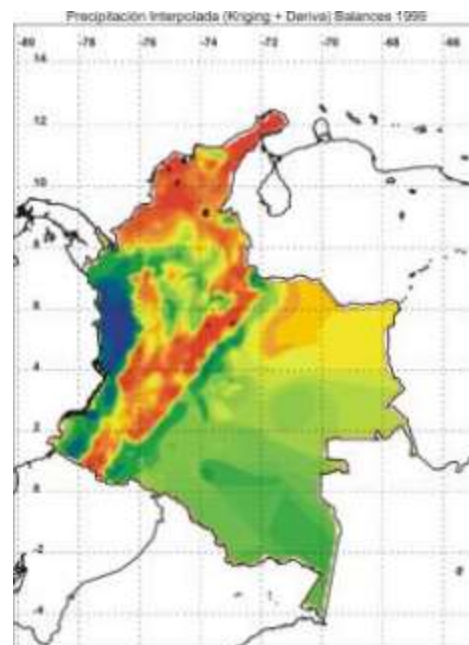
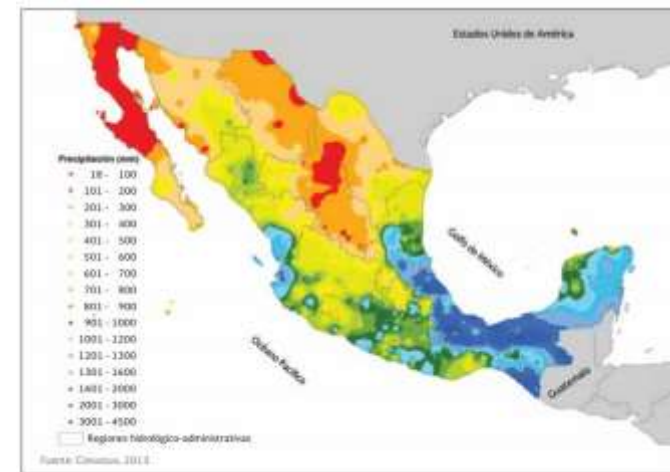
Agricultores deben tomar decisiones sensibles al clima mucho antes del inicio de la temporada de crecimiento.

- ✓ Selección de cultivares
- ✓ Preparación del suelo
- ✓ Fecha de siembra
- ✓ Cantidad de riego
- ✓ Invertir en insumos
- ✓ Fecha de cosecha

**La variabilidad climática hace que estas decisiones sean difíciles**



# Brecha entre la información y el usuario

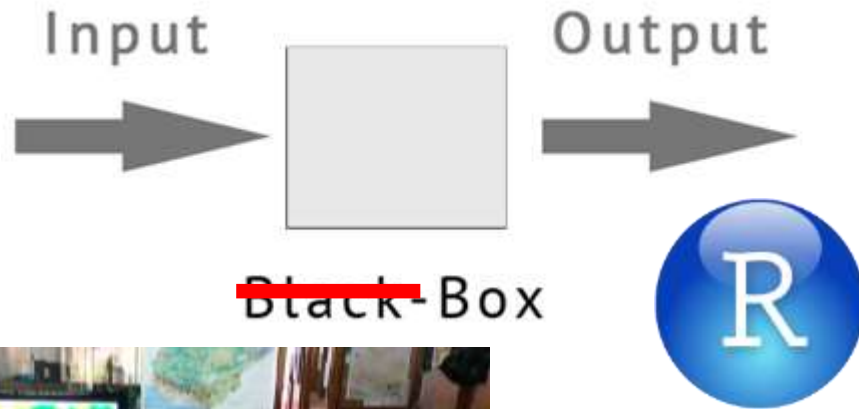


## Producción - Traducción - Transferencia - Uso



= Toma de decisiones informadas sobre el clima

[3] Climate Services Partnership



[3]

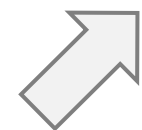
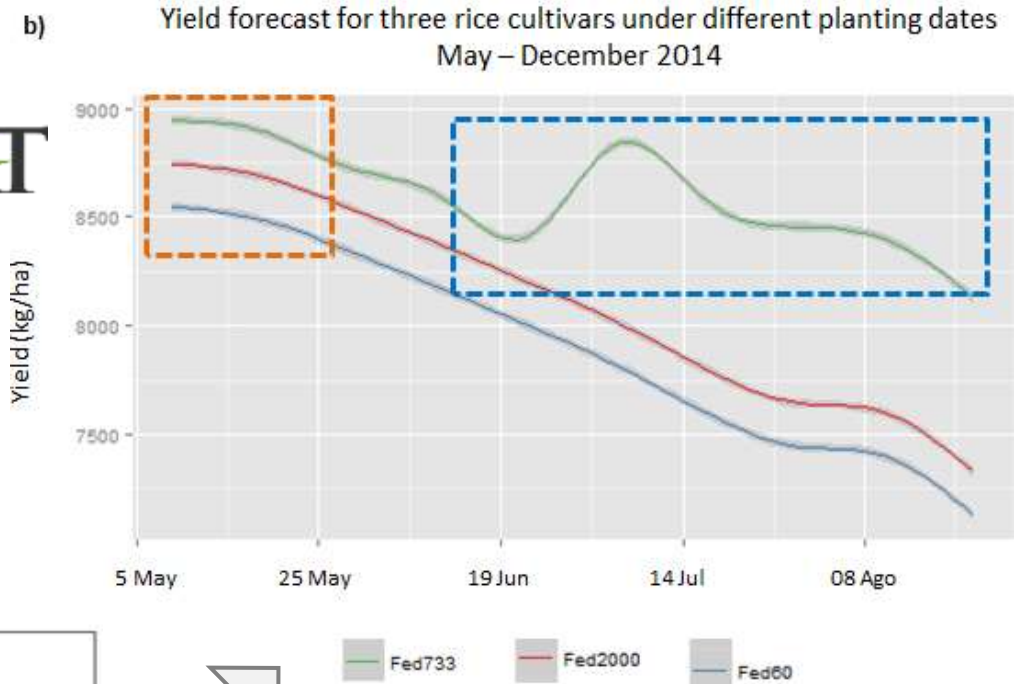
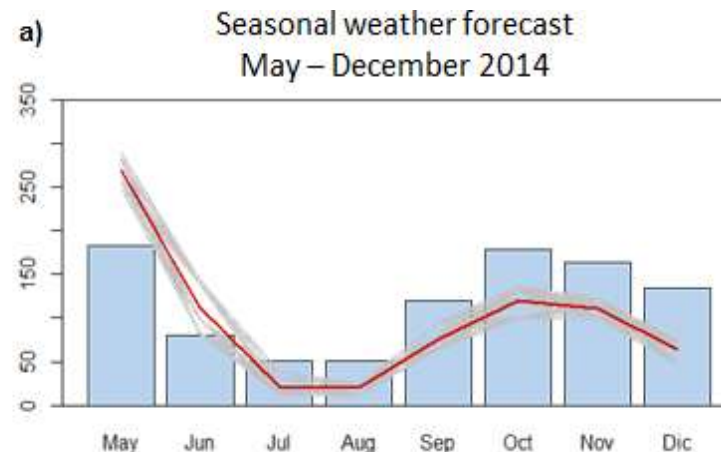
## Aprendizaje con expertos

Desempeño de modelos de predicción climática (discusión, evaluación, casos de estudio y retos) y vías para su mejora en **Colombia, Honduras, Guatemala y Perú**



# Pronósticos Agro-Climáticos

- Combinan información agrícola y climática, para luego proporcionar recomendaciones adaptadas para la agricultura.



Respuesta de algunas variedades a un pronóstico



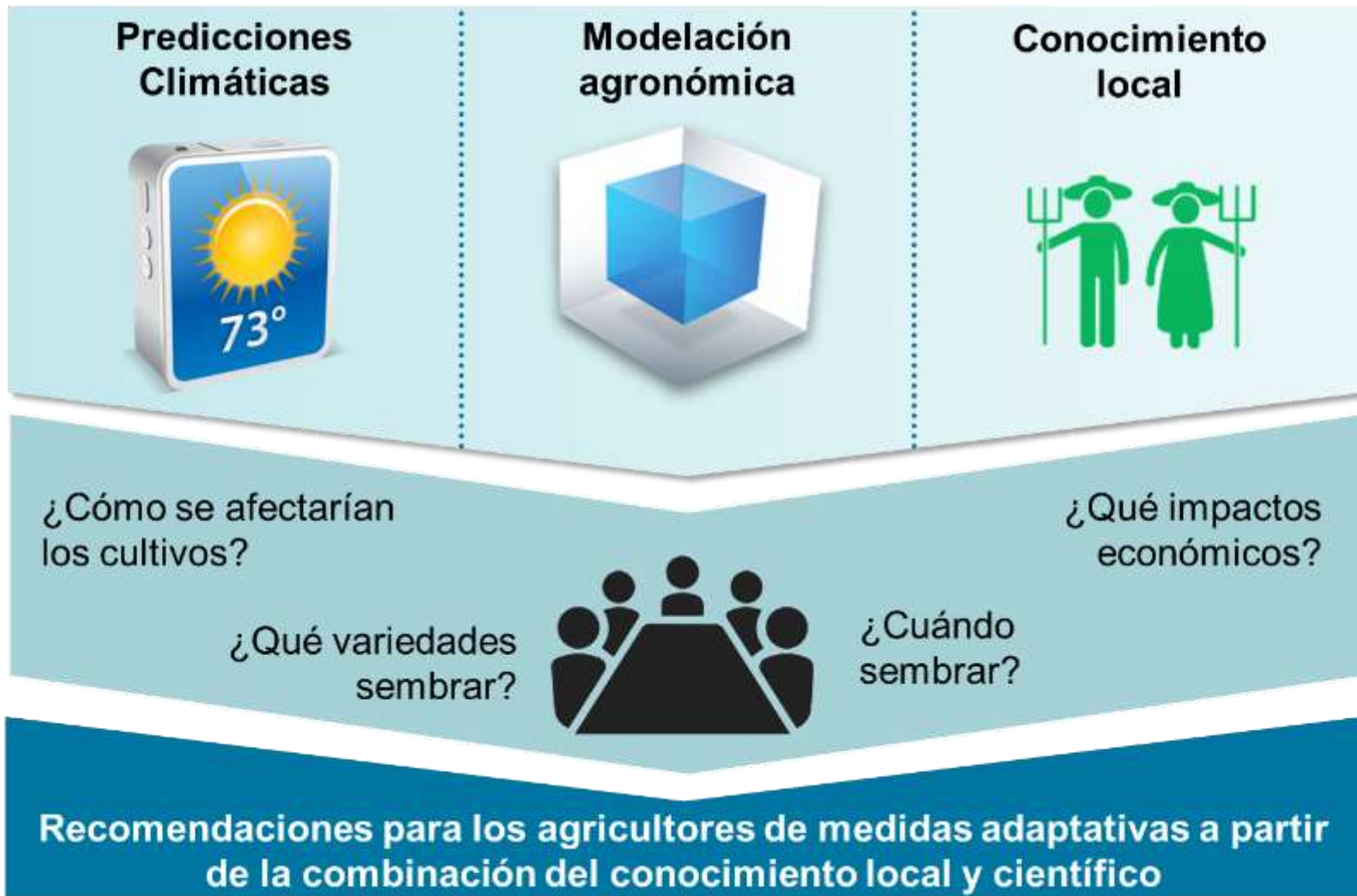
# Mesas Técnicas Agroclimáticas



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN  
Cambio Climático,  
Agricultura y  
Seguridad Alimentaria



CS



“Las **MTAs**, permiten generar espacios de discusión entre actores para la gestión de información agroclimática local, con el fin de identificar las **mejores prácticas de adaptación** a los fenómenos climáticos, que son transferidas a técnicos y agricultores locales por medio del **Boletín Agroclimático Local**”

ARREGLO INTER-INSTITUCIONAL



# Mesas Técnicas Agroclimáticas

+25 MTA's creadas en 7 países Latinoamericanos

196 Instituciones participando en las MTA en toda la región

330 mil agricultores reciben información agroclimática para su toma de decisiones

CS



## COLOMBIA (9 MTAs)

Lidera y financia MADR, coordina FAO. IDEAM suministra información climática Nacional y los equipo de agro-climatología de los gremios en las MTAs locales. Reuniones y boletines mensuales. Acuerdo de voluntades.

## HONDURAS (7 MTAs)

Lidera y financia SAG. COPECO suministra información climática. Reuniones y boletines 3 veces al año. Coordinadores locales en cada mesa. Acuerdos de formalización y estatutos por cada mesa.

## NICARAGUA (2 MTAs)

Lidera la mesa Cafenica, bajo el Proyecto de Fontagro, Heifer, CIAT.

## GUATEMALA (5 MTAs)

Lidera la Universidad publica CUNORI, Anacafé, CDRO, MAGA-PMA e INSIVUMEH

## CHILE (1 MTAs)

Lidera Ministerio de Agricultura de Chile

## PANAMÁ (5 MTAs)

Lidera Ministerio de Desarrollo Agropecuario

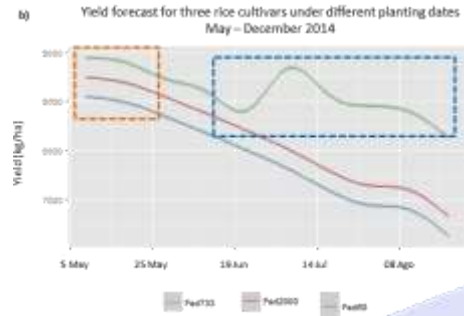
## EL SALVADOR (1 MTAs)

Lidera Ministerio de Agricultura y Ganadería



# Servicios agro-climáticos

CS



## Servicio climático

### Predicción rendimiento

- Variables clave
- Gráficos y formatos

### Datos de clima

- QA/QC
- Mejor pronóstico climático
- Modelación y big data



# Foro del clima



Actualmente

## Foro de aplicaciones

Mesa de agricultura  
Discusión y recomendaciones  
generales por país

## Métodos de predicción y consenso



## Predicciones de CPT



## Foro hidrológico

Modelo HBV-lite  
Discusión y consenso

Predicciones, discusión,  
recomendaciones y boletín  
perspectiva regional hidrológico



# Foro del clima



Métodos de predicción y consenso



ciat.cgiar.org

Foro de aplicaciones

Mesa de agricultura

Modelos de cultivo (CropWat, DSSAT, ORYZAv3, CAF2014)

ASIS para areas a mitad de ciclo

Predicciones de CPT

Propuesta

Predicciones de:

- Requerimientos hídricos
- Estrés de sequía
- Fechas de siembra más aptas
- Variedades mas adecuadas (e.g. ciclo corto, ciclo largo)
- Efectos en rendimiento

Actores locales y regionales sector agropecuario (e.g. MTAs / MAPs)

Discusión de resultados y opciones, y recomendaciones

Recomendaciones y boletín perspectiva agroclimática regional

# MODELOS DE CULTIVO



# Modelos de impacto

Necesitamos modelos de clima, cultivos e hidrológicos para cuantificar impactos y para diseñar opciones de adaptación efectivas.

Datos  
biofísicos y  
de clima

EcoCrop

*Forecasting potential niches for crop production*



Opciones de  
adaptación  
efectivas

# Tipos de Modelos de Cultivos (Algunos...)



## Modelos Empíricos

Son descriptivos, se derivan de datos observados sin involucrar procesos fisiológicos.

Dependen de la información de rendimiento de grandes áreas.

Representan la relaciones entre rendimiento y parámetros de clima.

Se expresan generalmente como ecuaciones de regresión



EcoCrop

*Forecasting potential niches for crop production*



## Modelos dinámicos

Describen el modo en el cual el sistema cambia en el tiempo

Permiten seguir la evolución temporal de cada una de las variables del sistema (ejemplo: balance de nitrógeno e hídrico en el suelo)

CROPWAT

APSIM

next generation



## Modelos Mecanísticos

Poseen capacidad explicativa de la fisiología del cultivo.

Consideran aspectos como la temperatura, la radiación fotosínteticamente activa, el índice de área foliar, la fotosíntesis, la respiración.

Intentan utilizar mecanismos fundamentales de los procesos de la planta y el suelo para simular resultados específicos.



## Función de los modelos de cultivo

- Elemento importante para tomar decisiones en agricultura.
- Permiten definir estrategias de producción en la etapa de la planificación o durante el ciclo del cultivo.
  - Semillas
  - Prácticas culturales
  - Fertilización
  - Riego
  - Uso de plaguicidas.
- Cuantificar, interpretar y predecir las necesidades hídricas de los cultivos y el desarrollo de estos y sus rendimientos.

## Función de los modelos de cultivo

- Modificando la escala de espacio y tiempo, los modelos nos permiten evaluar el riesgo climático a través del pronóstico del tiempo
- Preparar estrategias de adaptación para minimizar los impactos negativos del cambio climático.
- Entender como fenómenos de variabilidad inciden sobre la productividad de los cultivos, resultado difícil de obtener a partir de análisis estadísticos clásicos o experimentos agronómicos tradicionales.
- Se puede utilizar para realizar experimentos de “qué pasaría si”, para optimizar la gestión.



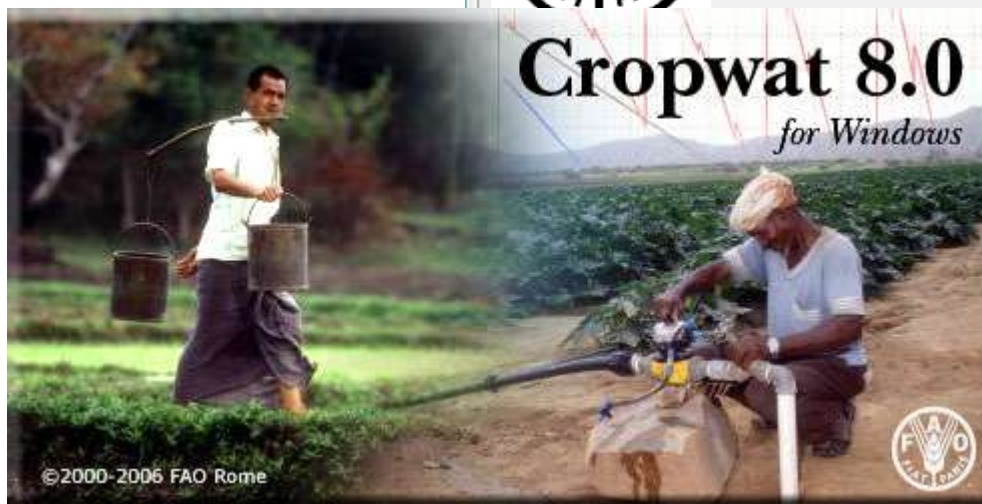
# CROPWAT

## 1era Parte



# Qué es CROPWAT?

- CROPWAT
- (crop = cultivo; wat = agua)
- Es un programa que utiliza el método de la FAO Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ET) en base a datos climáticos y de cultivo.
- Los valores de ET son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego (nuevos o existentes).



# CROPWAT

## Limitaciones

No permite incluir otros parámetros como Gases de Efecto Invernadero

No realiza proyecciones de rendimientos

Se limita al cálculo de balances hídricos y disponibilidad de agua

## Ventajas

Es un modelo bastante amigable y fácil de usar

La practicidad de los cálculos permite obtener rápidamente balances hídricos


Disponibilidad hídrica del cultivo para la toma de decisiones en la programación de riego

Posibilidad de estimar los datos climáticos en caso de no contar con los valores medidos




# CROPWAT


El programa CROPWAT se organiza en 8 módulos diferentes, de los cuales 5 son módulos de datos de entrada y 3 son módulos de cálculo




**Climate/ETo:** datos medidos de ETo o datos climáticos que permitan el cálculo de la ETo Penman-Monteith




**Precipitación:** datos de precipitación y cálculo de la precipitación efectiva




**Cultivo:** datos del cultivo y de la fecha de siembra




**Suelo:** datos de suelo




**Patrón de cultivo:** ingreso de un patrón de cultivos para calcular el esquema de entrega de agua



**RAC:** cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos



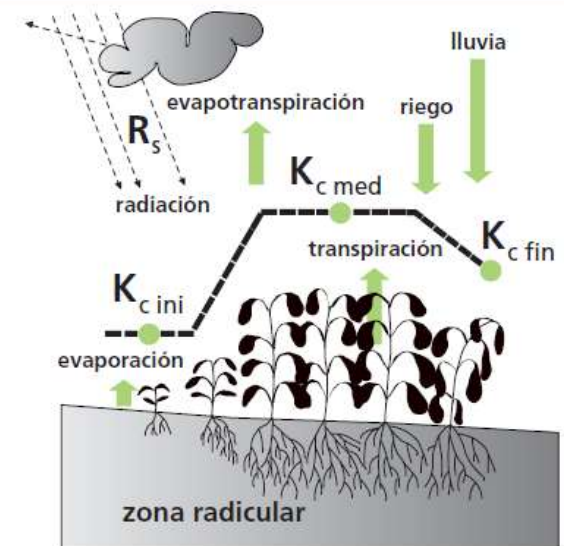
**Programación** (cultivos no inundados o arroz): cálculo de los calendarios de riego



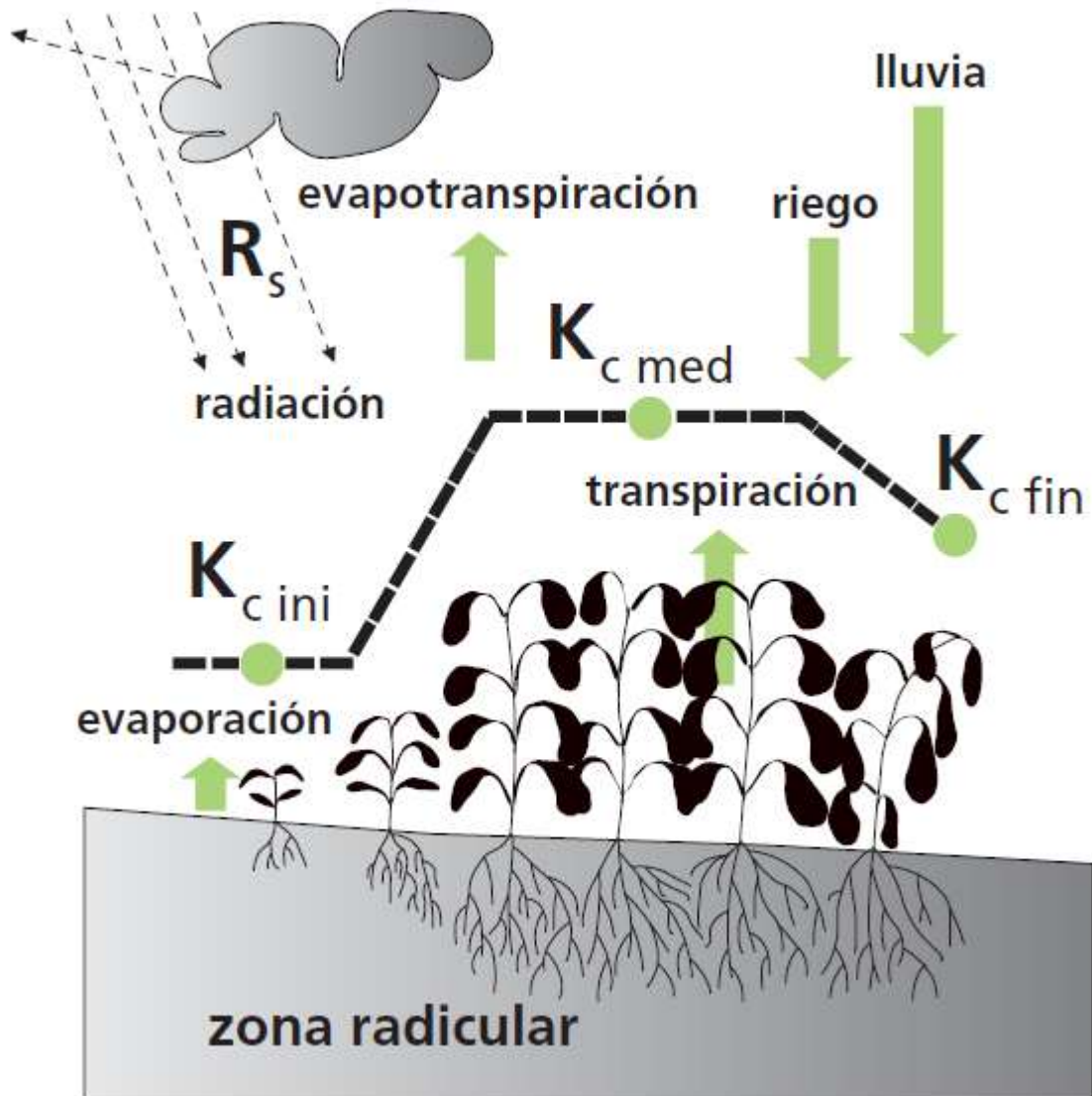
**Esquema:** cálculo del régimen de la oferta de agua sobre la base de un patrón de cultivo

# Primeros Pasos

- Descargar/instalar CROPWAT
  - <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>
  - GDrive/CROPWAT/Software
- Definir lenguaje
- Calcula Evapotranspiración Penman-Monteith
  - Desde datos de estación
  - Desde CLIMWAT
- Evapotranspiración del cultivo (FAO)
  - GDrive/CROPWAT/Referencias



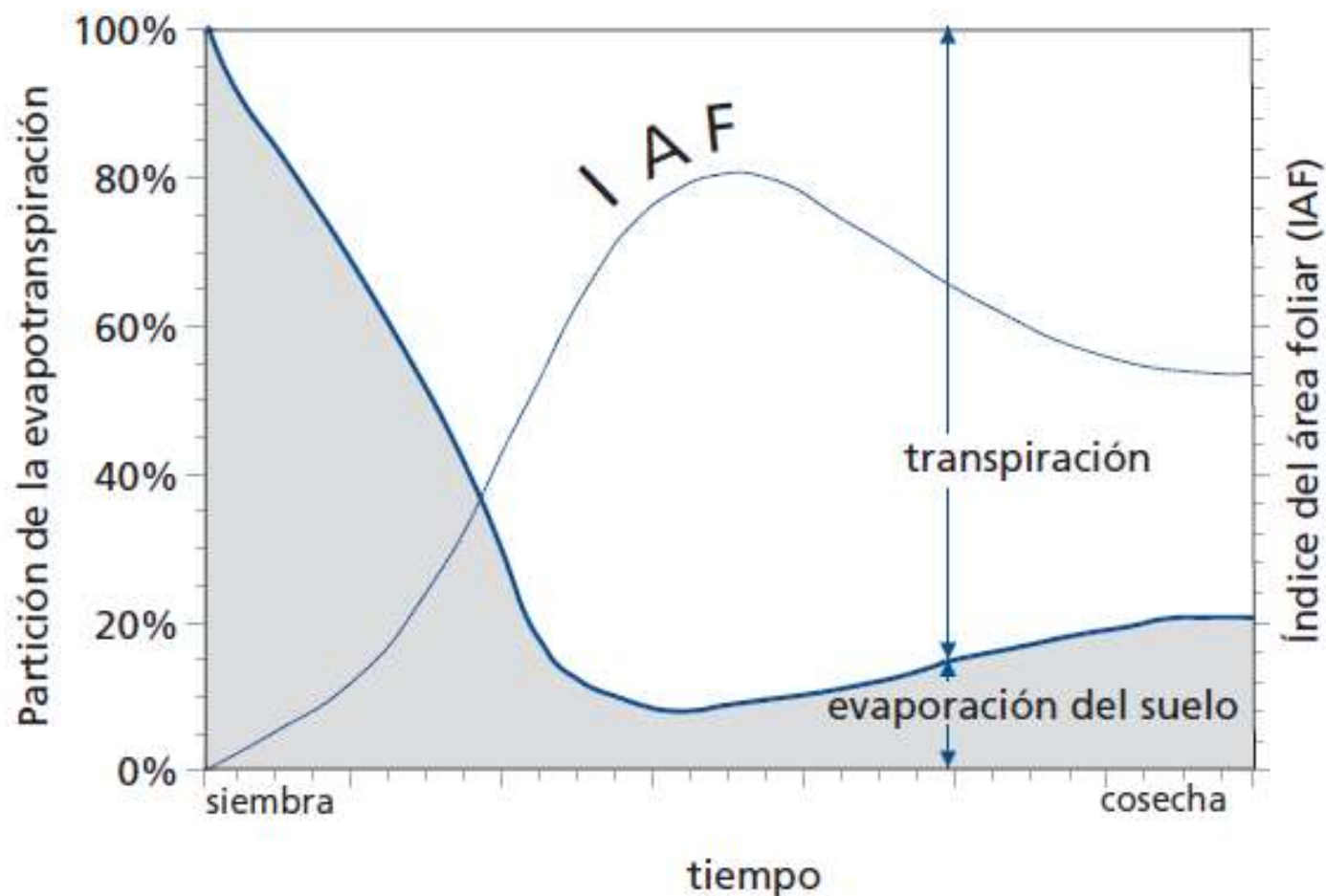
# Evapotranspiración < ET >



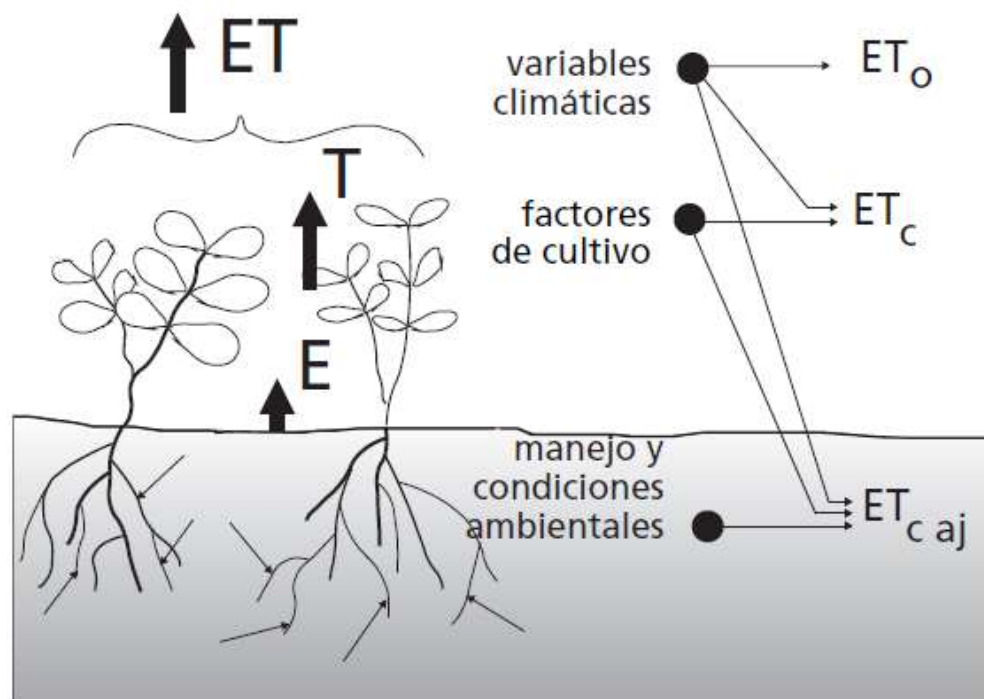
- Combinación de 2 procesos separados
- Evaporación  
*La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor).*  
*Qué variables influyen? Veamos FAO*
- Transpiración del cultivo  
*Vaporización del agua líquida contenida en los tejidos, de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera.*  
*Cómo pierden agua los cultivos? FAO*

## Evapotranspiración < ET >

- La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos.
- En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo. Luego transpiración principalmente.



# Factores que afectan la Evapotranspiración



- ET<sub>0</sub> pérdida de agua de una superficie cultivada estándar.
- ET<sub>c</sub> demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en áreas grandes bajo condiciones óptimas.

- Cuando las condiciones de campo difieran de las condiciones estándar, son necesarios factores de corrección para ajustar ET<sub>c</sub> (ET<sub>c aj</sub>). Estos factores de ajuste reflejan el efecto del ambiente y del manejo cultural de las condiciones de campo.

# Ecuación de FAO Penman-Monteith ETo

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (6)$$

donde:

$ET_o$	evapotranspiración de referencia (mm día <sup>-1</sup> )
$R_n$	radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )
$R_a$	radiación extraterrestre (mm día <sup>-1</sup> )
$G$	flujo del calor de suelo (MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )
$T$	temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)
$u_2$	velocidad del viento a 2 m de altura (m s <sup>-1</sup> )
$e_s$	presión de vapor de saturación (kPa)
$e_a$	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
$\Delta$	pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C <sup>-1</sup> )
$\gamma$	constante psicrométrica (kPa °C <sup>-1</sup> )

Más detalle Capítulo 4 FAO

La Ecuación determina la evapotranspiración de la superficie hipotética de referencia.

Proporciona un valor estándar con el cual se puede comparar la evapotranspiración en diversos periodos del año o en otras regiones así como también puede relacionarse con la evapotranspiración de otros cultivos.

## CLIMWAT & CROPWAT

- Descargar/instalar CLIMWAT
- Desplegar/exportar datos de CLIMWAT
- Importar datos de clima de CLIMWAT (.pen) a CROPWAT
  - Datos climatológicos
  - Configurar unidades
  - Guardar datos Rad/Eto
- Importar precipitación (.cli)
  - Exportar precipitación efectiva (Método USDA)  
*Fracción de la precipitación total utilizada para satisfacer las necesidades de agua del cultivo*
  - Otros métodos de precipitación efectiva (o no tener en cuenta)
- Graficar

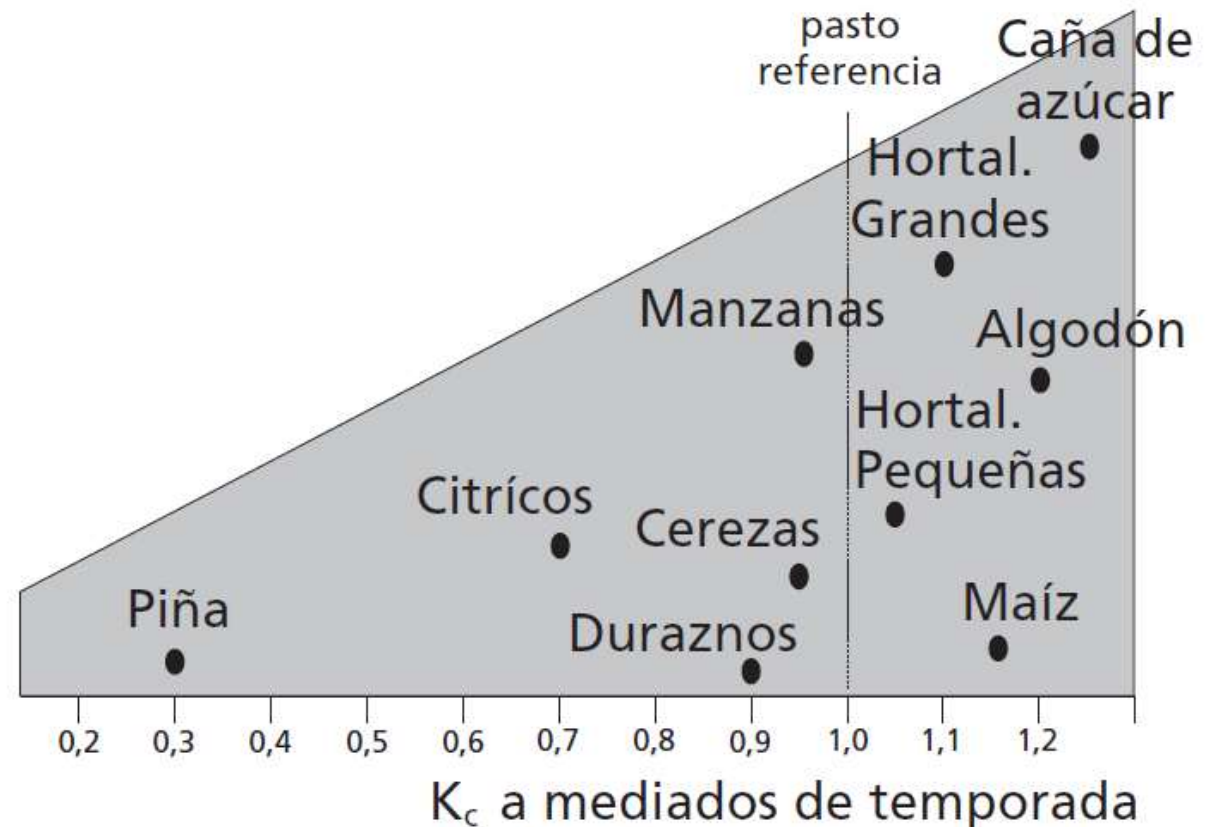
# Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar ETc

- Evapotranspiración de un cultivo que:
  - Se desarrolla libre de enfermedades
  - Buena fertilización
  - Crece en un campo extenso
  - Bajo condiciones óptimas de humedad en el suelo
  - Alcanza su producción total bajo ciertas condiciones climáticas.
- Los efectos de las distintas condiciones del tiempo atmosférico fueron incluidos en la ETo. Los efectos de las características que distinguen la superficie cultivada de la superficie de referencia se integran en el coeficiente del cultivo. Para determinar ETc se multiplica ETo por el coeficiente del cultivo.
- $ETc = Kc ETo$ 
  - Kc de cultivos

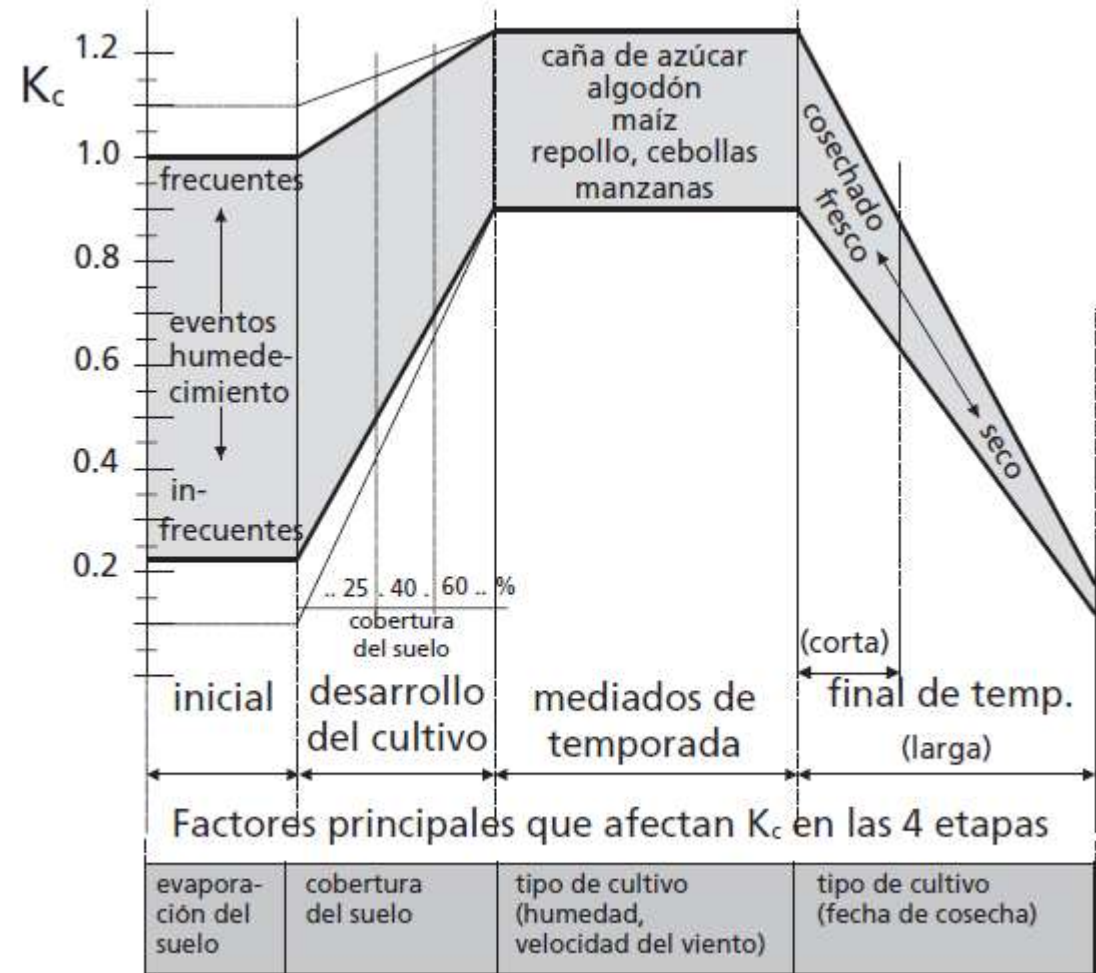
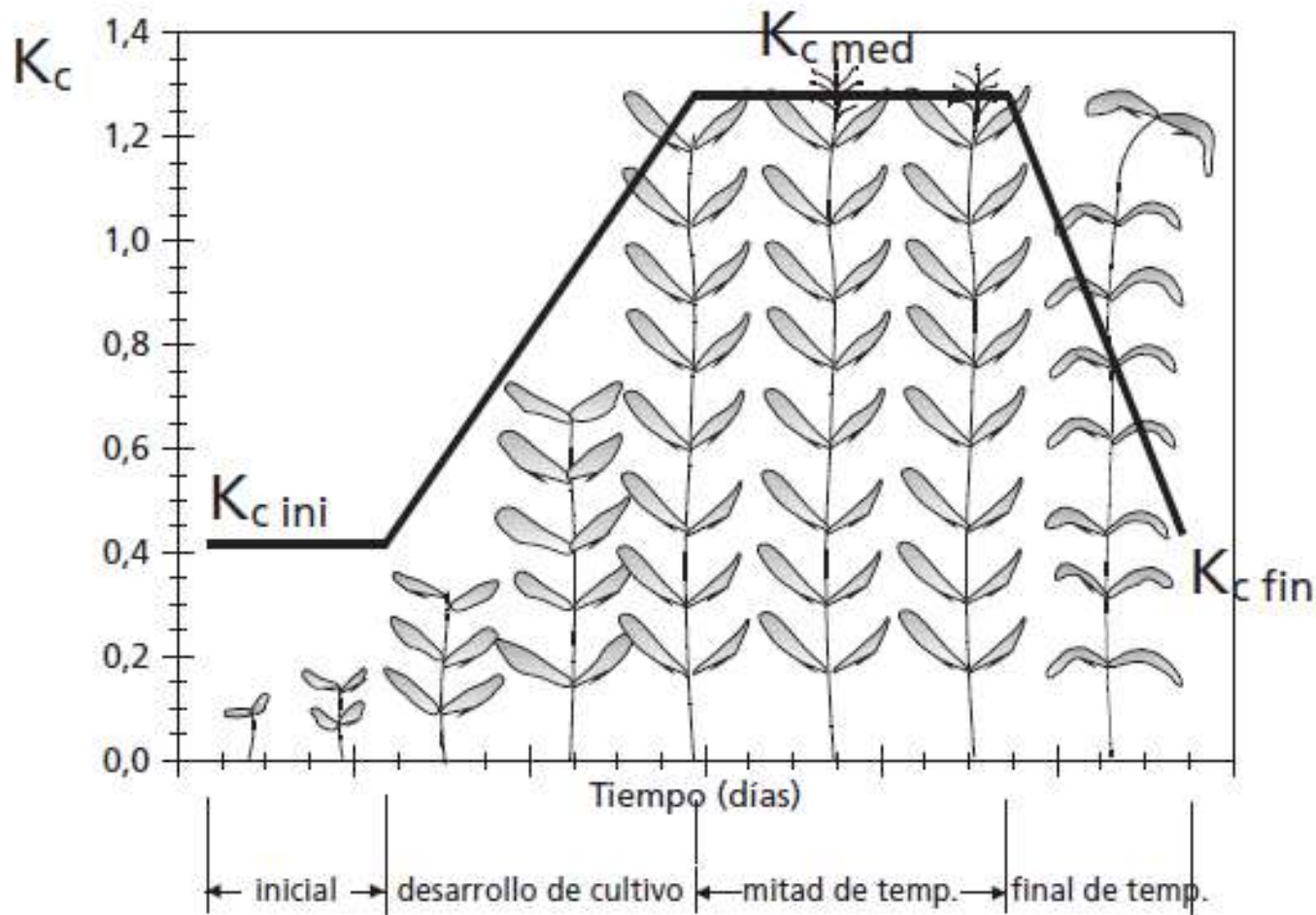
# Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar ETC

- El coeficiente del cultivo es básicamente el cociente entre la evapotranspiración del cultivo ETC y la evapotranspiración del cultivo de referencia, Eto.
- ¿Cuál es la diferencia con el pasto (ETo)?
  - Altura del cultivo
  - Albedo (reflectancia) de la superficie del cultivo y suelo.
  - Resistencia del cultivo
  - Evaporación que ocurre en el suelo (parte expuesta)

Valores típicos de  $K_c$  para diferentes cultivos completamente desarrollados



# Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar ETC



Miremos el manual de CROPWAT p22

# Etapas del cultivo

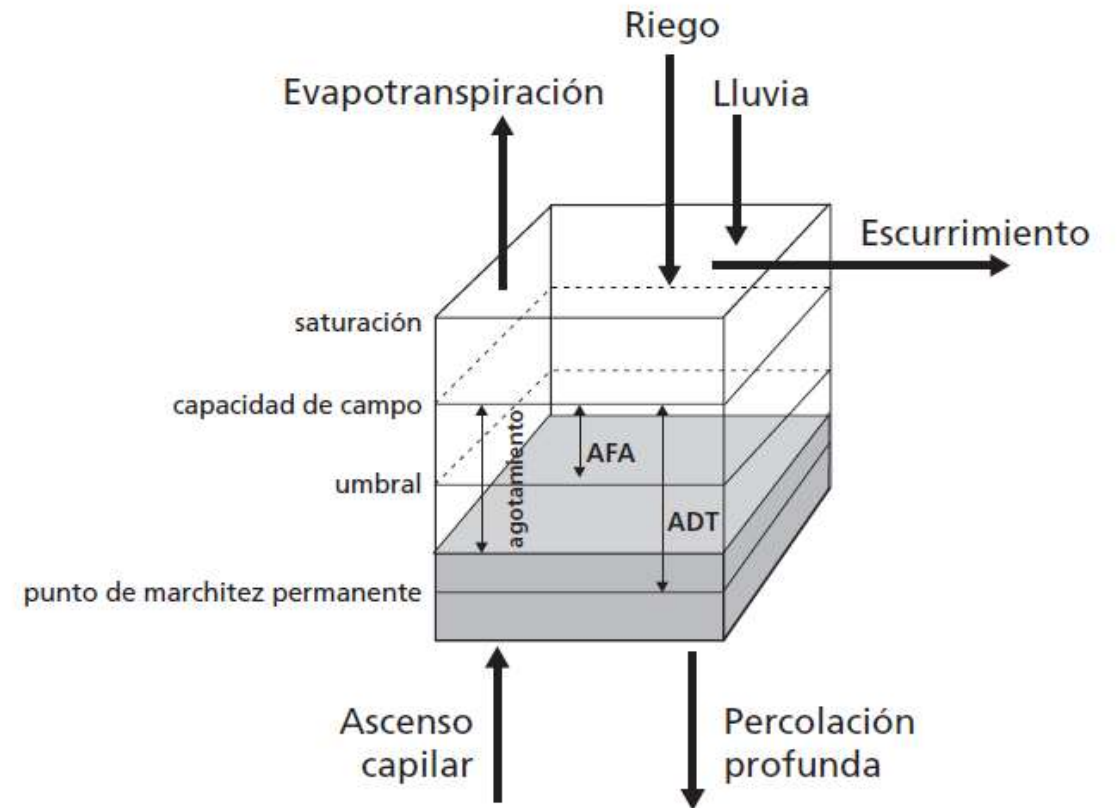
- Etapa inicial: desde la fecha de plantación hasta que el cultivo cubre aproximadamente el 10% de la cubierta del suelo.
- Etapa de desarrollo del cultivo: desde que el cultivo cubre el 10% del suelo hasta la plena cobertura. La cobertura completa para muchos cultivos se produce al inicio de la floración.
- Etapa de mediados de temporada: desde la cobertura plena hasta el inicio de la madurez. El inicio de la madurez es a menudo percibido por el comienzo de la madurez del cultivo, color amarillento o la senescencia de hojas, caída de hojas, o madurez de los frutos.
- Etapa final: desde el inicio de la madurez hasta la cosecha o la plena senescencia.

- Kc cultivo (*Cuadro 12, p110*)
- Etapa días (*Cuadro 11, p104*)
- Profundidad radicular (*Cuadro 22, p163*)
  - *Profundidad efectiva*
- Altura del cultivo: opcional

# Datos de cultivo

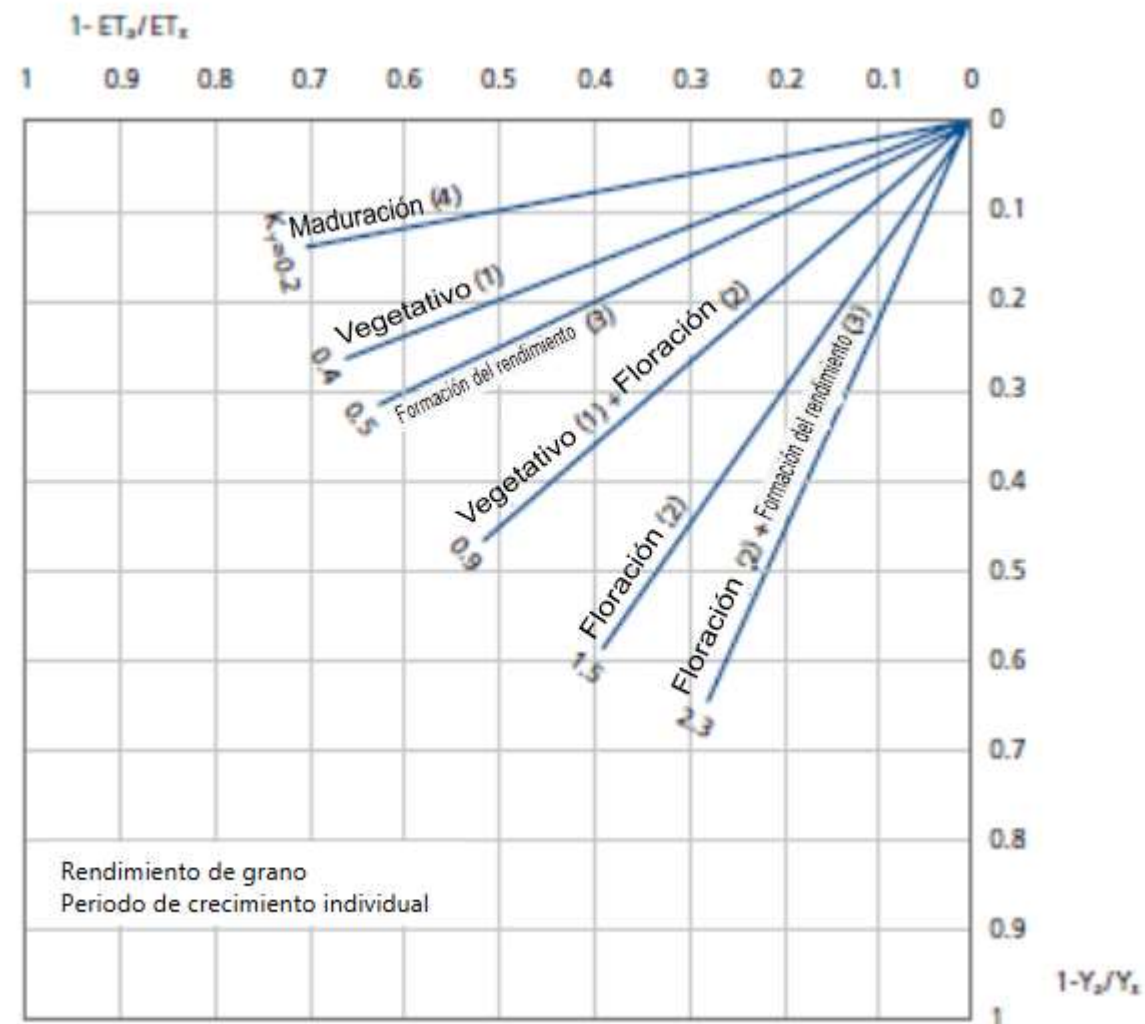
- Agotamiento crítico (*p162, 166*)
  - *ADT (agua disponible total): Capacidad de un suelo de retener el agua disponible para las plantas*
  - *CC (Capacidad de campo): cantidad de agua que un suelo bien drenado retiene*
  - *PMP: contenido de humedad en el suelo en el cual las plantas se marchitan permanentemente*
  - *Agua fácilmente aprovechable (AFA): fracción de ADT que un cultivo puede extraer de la zona radicular sin experimentar estrés hídrico.  $AFA = p \text{ ADT}$*

# Ejemplo Maíz grano



# Datos de cultivo

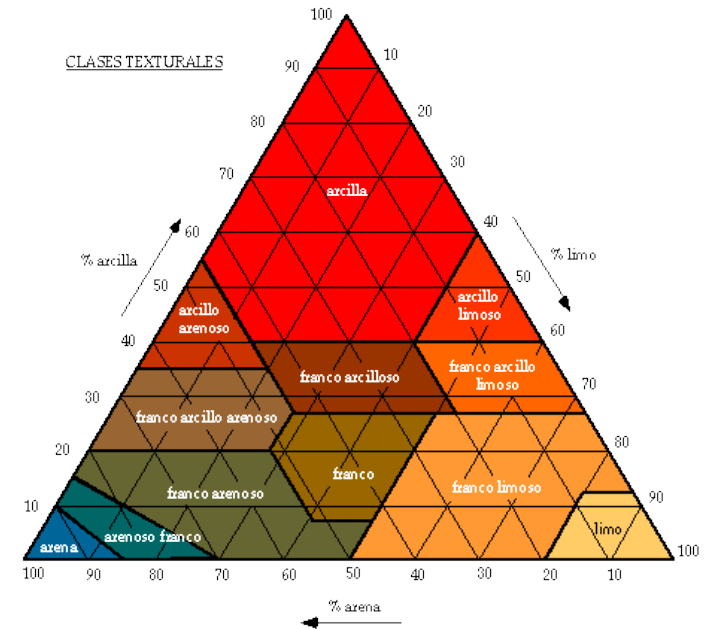
- Factor de respuesta del rendimiento ( $K_y$ )
  - Representa el efecto de una disminución de la evapotranspiración sobre las pérdidas de rendimiento.
  - El factor de respuesta del rendimiento ( $K_y$ ) capta la esencia de las complejas relaciones que existen entre la producción y el uso del agua en un cultivo, donde ocurren procesos biológicos, físicos y químicos



$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_x}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_x}\right)$$

# Datos Suelo

- Tipo de suelo [Triángulo textural]
- Humedad del suelo disponible: Capacidad de CAMPO – Punto de Marchitez Permanente
- Tasa máxima de infiltración del suelo: Infiltración es igual es a la conductividad del suelo.
- Profundidad radicular máxima (Cuadro 22)
- Agotamiento inicial de humedad del suelo (% de Agua Disponible Total)
- Humedad inicial del suelo: calcula automáticamente



# Manos a las 'sobras'

Monthly ETo Penman-Monteith - untitled

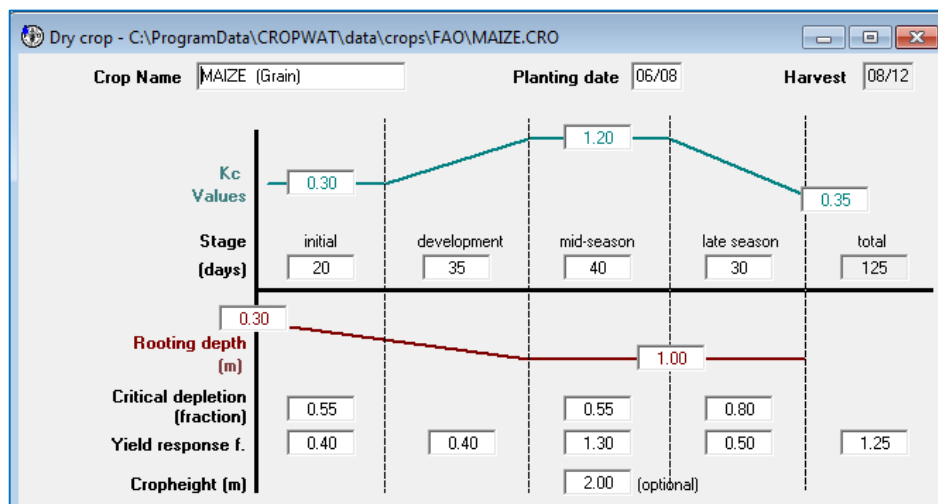
Country: Colombia Station: Turipana  
 Altitude: 20 m. Latitude: 8.83 °N Longitude: 75.80 °W

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	23.2	34.2	76	173	7.3	18.3	4.43
February	23.7	34.2	77	173	7.0	19.1	4.60
March	24.8	34.2	79	173	6.4	19.2	4.64
April	24.8	34.1	79	173	6.5	19.5	4.73
May	24.4	32.3	82	173	5.6	17.7	4.18
June	24.1	32.0	81	173	5.8	17.6	4.09
July	23.8	32.6	80	173	6.4	18.6	4.36
August	23.6	31.9	81	173	5.9	18.3	4.24
September	23.7	31.6	82	173	5.5	17.8	4.09
October	23.9	31.5	82	173	5.2	16.6	3.83
November	23.5	32.3	80	173	5.9	16.7	3.90
December	22.6	33.7	76	173	7.3	17.9	4.28
<b>Average</b>	<b>23.8</b>	<b>32.9</b>	<b>80</b>	<b>173</b>	<b>6.2</b>	<b>18.1</b>	<b>4.28</b>

Monthly rain - untitled

Station: Turipana Eff. rain method: USDA S.C. Method

	Rain mm	Eff rain mm
January	0.0	0.0
February	1.6	1.6
March	1.4	1.4
April	2.7	2.7
May	4.7	4.7
June	6.2	6.1
July	4.3	4.3
August	7.2	7.1
September	5.0	5.0
October	3.2	3.2
November	3.1	3.1
December	0.5	0.5
<b>Total</b>	<b>39.9</b>	<b>39.6</b>



Soil - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\FAO\MEDIUM.SOI

Soil name: Medium (loam)

General soil data

Total available soil moisture (FC - WP)	290.0	mm/meter
Maximum rain infiltration rate	40	mm/day
Maximum rooting depth	900	centimeters
Initial soil moisture depletion (as % TAM)	0	%
Initial available soil moisture	290.0	mm/meter

# Resultado

Crop Water Requirements

ETo station: Turipana      Crop: MAIZE (Grain)

Rain station: Turipana      Planting date: 06/08

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Aug	1	Init	0.30	1.28	6.4	1.1	5.3
Aug	2	Init	0.30	1.27	12.7	2.6	10.1
Aug	3	Deve	0.35	1.45	15.9	2.3	13.6
Sep	1	Deve	0.57	2.38	23.8	1.9	21.9
Sep	2	Deve	0.81	3.32	33.2	1.7	31.6
Sep	3	Mid	1.05	4.20	42.0	1.5	40.5
Oct	1	Mid	1.14	4.44	44.4	1.2	43.2
Oct	2	Mid	1.14	4.35	43.5	1.0	42.4
Oct	3	Mid	1.14	4.37	48.1	1.0	47.1
Nov	1	Late	1.13	4.37	43.7	1.1	42.6
Nov	2	Late	0.94	3.67	36.7	1.1	35.5
Nov	3	Late	0.68	2.73	27.3	0.8	26.5
Dec	1	Late	0.44	1.84	14.7	0.3	14.3
					<b>392.4</b>	<b>17.6</b>	<b>374.7</b>

## Ejercicio en parejas

- Tomar datos de la estación Cereté con climatología y climatología+pronóstico ASONDE. Calcular ETo y PE..
- Seleccionar un cultivo de interés con ciclo corto (menor a 6 meses; buscar datos en internet de ser necesario) y calcule los requerimientos hídricos normales y pronosticados (Segundo semestre) teniendo en cuenta el siguiente suelo.
- Analice las diferencias entre los requerimientos normales del cultivo y aquellos mostrados en el Segundo semestre de 2019. Socialice con el grupo.

General soil data		
Total available soil moisture (FC - WP)	290.0	mm/meter
Maximum rain infiltration rate	40	mm/day
Maximum rooting depth	900	centimeters
Initial soil moisture depletion (as % TAM)	0	%
Initial available soil moisture	290.0	mm/meter

# Programación del riego – Algunas opciones de riego

- Regar en intervalos definidos por el usuario
- Regar en agotamiento crítico:
- Regar por debajo o por encima del agotamiento crítico
- Regar en intervalos fijos por etapa

Crop irrigation schedule

ETo station: Turipana      Crop: MAIZE (Grain)      Planting date: 06/08      Yield red. 0.0 %  
 Rain station: Turipana      Soil: Medium (loam)      Harvest date: 08/12

Table format:  
 Irrigation schedule  
 Daily soil moisture balance

Timing: Irrigate at critical depletion  
 Application: Refill soil to field capacity  
 Field eff. 70 %

Date	Day	Stage	Rain	Ks	Eta	Depl	Net Irr	Deficit	Loss	Gr. Irr	Flow
			mm	fract.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
9 Oct	65	Mid	0.0	1.00	100	56	161.7	0.0	0.0	231.0	0.41
8 Dec	End	End	0.0	1.00	0	73					

Totals

Total gross irrigation	231.0	mm	Total rainfall	17.9	mm
Total net irrigation	161.7	mm	Effective rainfall	17.9	mm
Total irrigation losses	0.0	mm	Total rain loss	0.0	mm
Actual water use by crop	390.5	mm	Moist deficit at harvest	211.0	mm
Potential water use by crop	390.5	mm	Actual irrigation requirement	372.7	mm
Efficiency irrigation schedule	100.0	%	Efficiency rain	100.0	%
Deficiency irrigation schedule	0.0	%			



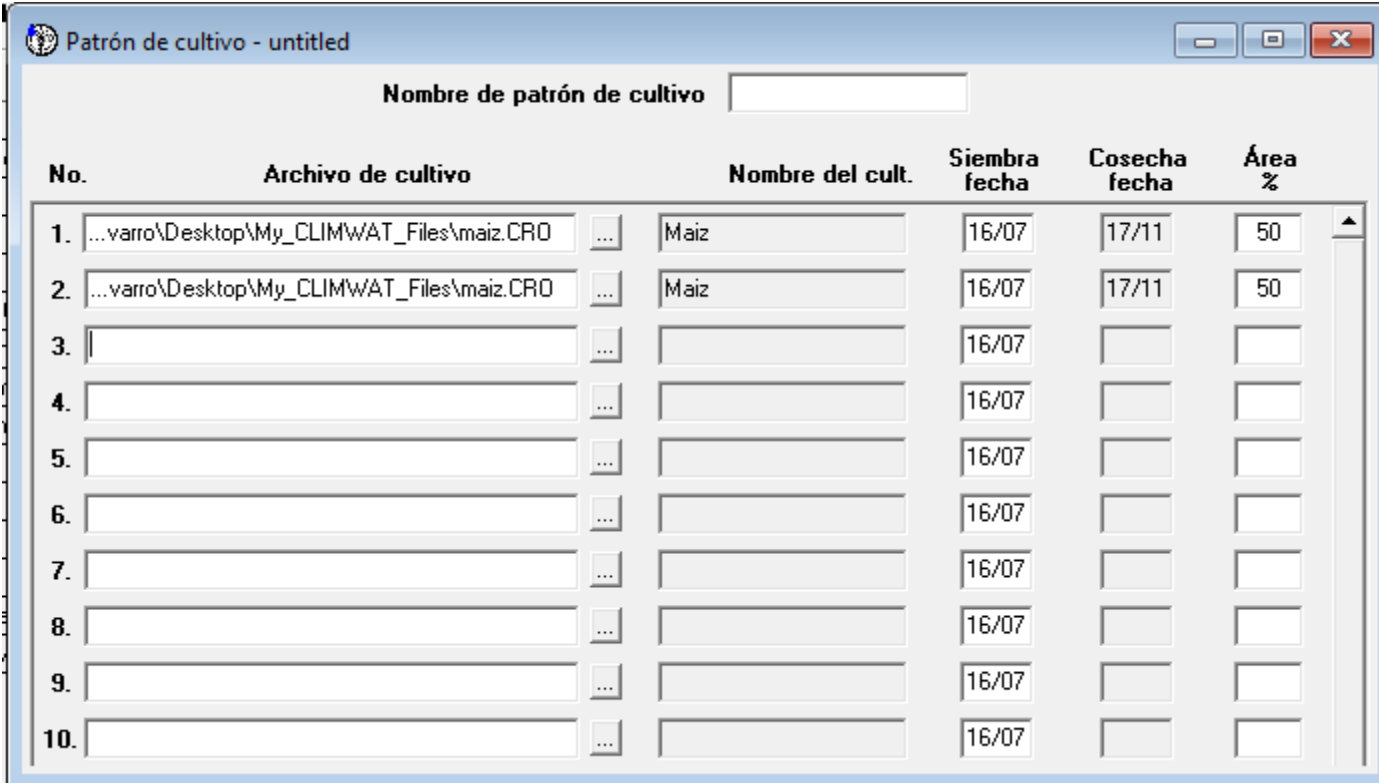
# CROPWAT 2da Parte



## Patrón del cultivo

El módulo de patrón de cultivos es un dato primario de entrada, requiriendo la información sobre los cultivos (1 a 20) que forman parte del esquema. Con referencia a cada cultivo, los siguientes datos son necesarios:

- Archivo de cultivo
- Fecha de siembra
- Área



Patrón de cultivo - untitled

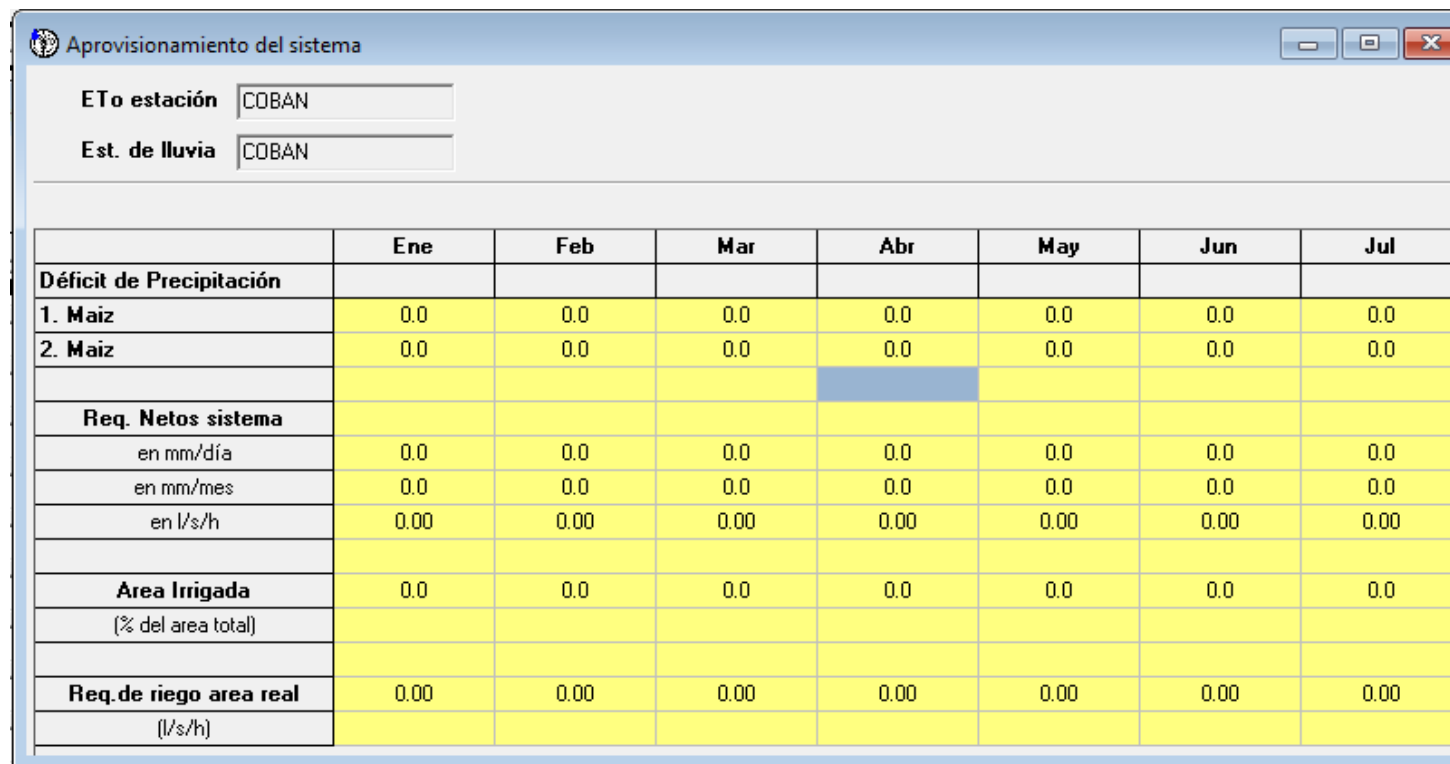
Nombre de patrón de cultivo

No.	Archivo de cultivo	Nombre del cult.	Siembra fecha	Cosecha fecha	Área %
1.	...varro\Desktop\My_CLIMWAT_Files\maiz.CRO	Maiz	16/07	17/11	50
2.	...varro\Desktop\My_CLIMWAT_Files\maiz.CRO	Maiz	16/07	17/11	50
3.			16/07		
4.			16/07		
5.			16/07		
6.			16/07		
7.			16/07		
8.			16/07		
9.			16/07		
10.			16/07		

# Módulo de abastecimiento del sistema

El Módulo de abastecimiento del sistema incluye esencialmente los cálculos para hallar:

- Los requerimientos de riego para cada cultivo del sistema
- Requerimientos netos de riego del esquema
- Superficie irrigada como porcentaje de la superficie total
- Requerimiento de riego para el área real



The screenshot shows a software window titled "Aprovisionamiento del sistema". It has two input fields: "ETo estación" and "Est. de lluvia", both set to "COBAN". Below these is a table with columns for months (Ene, Feb, Mar, Abr, May, Jun, Jul) and rows for various irrigation metrics. The table data is as follows:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
<b>Déficit de Precipitación</b>							
1. Maiz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2. Maiz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. Netos sistema</b>							
en mm/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en mm/mes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
en l/s/h	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Area Irrigada</b>							
(% del area total)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Req. de riego area real</b>							
(l/s/h)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Ejercicio en parejas

- Tomar datos de una la climatología de la estación de ejemplo y su pronóstico. Guardar en dos archivos de clima diferentes. Calcular ETo y PE. Idealmente usar zona con estrés hídrico.
- Seleccionar 4 cultivos (puede usar datos de FAO) de interés con ciclo menor a 1 año y calcule los requerimientos hídricos normales y pronosticados. Use los parámetros de suelo mostrados a continuación:
  - Guarde los resultados.
  - Establezca un patrón de cultivo asignando fechas de siembra congruentes y porcentajes de área.
  - Evalúe y discuta los requerimientos hídricos del sistema en general.

General soil data		
Soil name	Medium (loam)	
Total available soil moisture (FC - WP)	290.0	mm/meter
Maximum rain infiltration rate	40	mm/day
Maximum rooting depth	900	centimeters
Initial soil moisture depletion (as % TAM)	0	%
Initial available soil moisture	290.0	mm/meter



# Reflexiones



# ¡Gracias!

## Contacto

**Carlos Navarro-Racines**  
c.e.navarro@cgiar.org

**Alejandra Esquivel**  
a.esquivel@ciar.org

**Diego Agudelo**  
d.agudelo@cgiar.org



NOS ENORGULLECE  
HABER CELEBRADO 50 AÑOS  
DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA  
PARA EL DESARROLLO

**Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT**

Sede Principal y Oficina Regional  
para Suramérica y el Caribe

+57 2 445 0000

Km 17 Recta Cali-Palmira  
A.A. 6713, Cali, Colombia

ciat@cgiar.org

ciat.cgiar.org



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE CGIAR EN

**Cambio Climático,  
Agricultura y  
Seguridad Alimentaria**



**CCAFS**



El CIAT es un Centro de Investigación de CGIAR