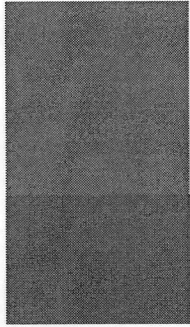




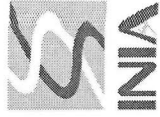
INFORME TÉCNICO Y DIFUSIÓN FINAL
Modelación de Sistema de Agricultura de Precisión
EST-2009-0666

Anexo 3:
Resumen de Resultados de investigaciones

15 de Julio de 2011

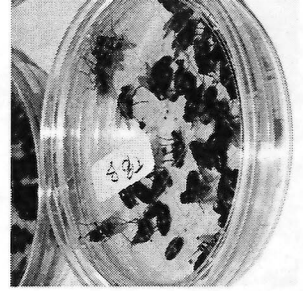
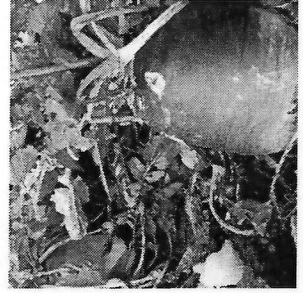
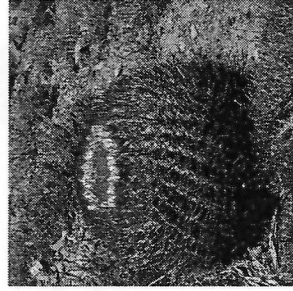
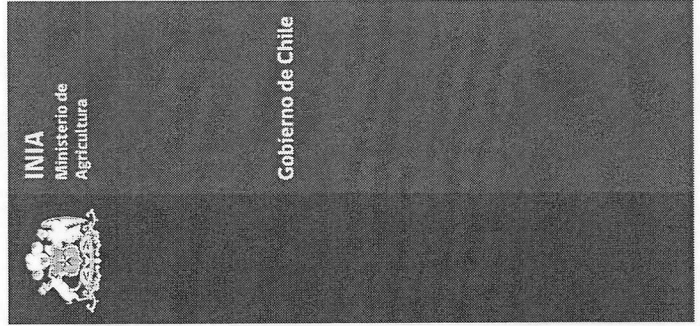


ARICA Y PARINACOTA
GOBIERNO REGIONAL



MODELACIÓN DE SISTEMAS DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Arica, Junio 2011



OBJETIVO GENERAL

- Generar parámetros locales para el mejoramiento de la programación del riego en cultivos de relevancia económica en los valles de Lluta y Azapa

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer un sistema de programación de riego, a partir de la integración de la información de estaciones meteorológicas (EMAS) y uso de la bandeja de evaporación.
- Proponer pautas de riego para los principales cultivos de la zona.
- Validar los programas de riego propuestos, difundiendo los resultados del proyecto entre los beneficiarios del proyecto.

PERIODO DE EJECUCIÓN

Título			
MODELACION DE SISTEMA DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN.			
Duración		Territorio	
Meses	18	Región (es)	ARICA Y PARINACOTA
		Comuna (as)	
Período de ejecución			
Fecha de inicio	01/01/2010	Fecha de término	30/06/2011

COORDINADORES TÉCNICOS

Nombre	Formación/grado académico	Dependencia	Función y responsabilidad dentro del proyecto
Alejandro Antúnez B.	Ing. Agr. Ph.D.	INIA La Platina	Coordinador Técnico y Responsable Técnico del proyecto
José María Peralta A.	Ing. Agr. Ph.D.	INIA Carillanca	Especialista y Responsable técnico alternativo
Juan Pablo Martínez C.	Ing. Agr. Dr.	INIA La Cruz	Especialista

EJECUCIÓN EN TERRENO

Nombre	Formación/grado académico	Dependencia	Función y responsabilidad dentro del proyecto
Jaime Otárola A.	Ing. Agr.	INIA Ururi	Encargado de terreno del proyecto
Eduardo Carvallo G.	Ing. Agr.	INIA Ururi	Encargado de terreno del proyecto

METODOLOGÍA

Etapas

Recolección de datos meteorológicos y establecimiento de método de bandeja de evaporación

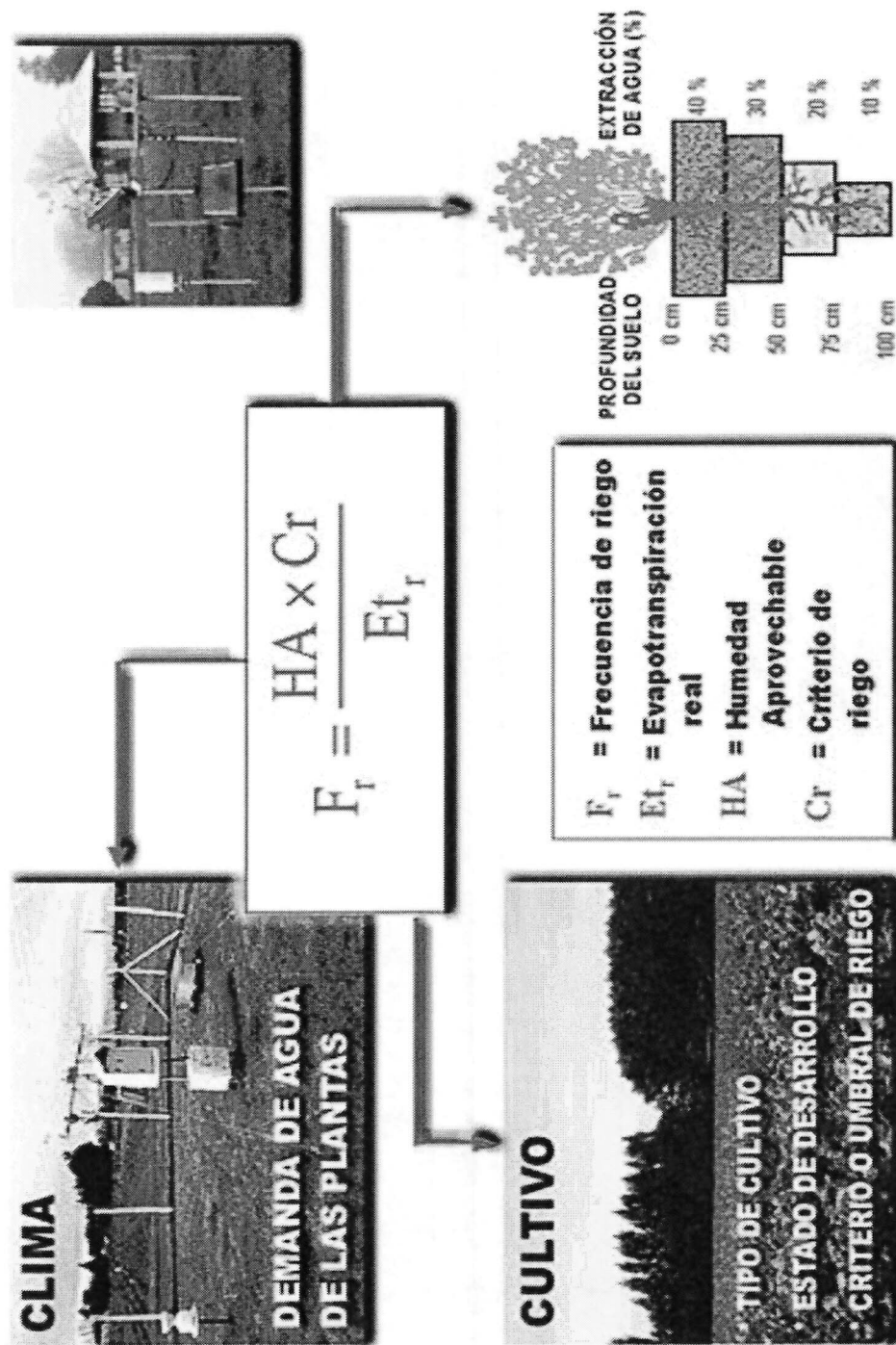
- Integración con red EMA's
- Implementación evaporímetros de bandeja

Etapas 2.

Establecimiento de método de Programación mediante fórmulas empíricas.

- Necesidades netas de riego
- Reserva de agua en el suelo
- Frecuencia y tiempos de riego
- Validación con balance hídrico y medición de agua en el suelo

Frecuencia de Riego



Etapas 3. Transferencia y difusión de resultados

- Talleres de capacitación
- Días de campo
- Cartillas divulgativas
- Reuniones técnicas

Carta Gantt

[illegible]

Carta Gantt

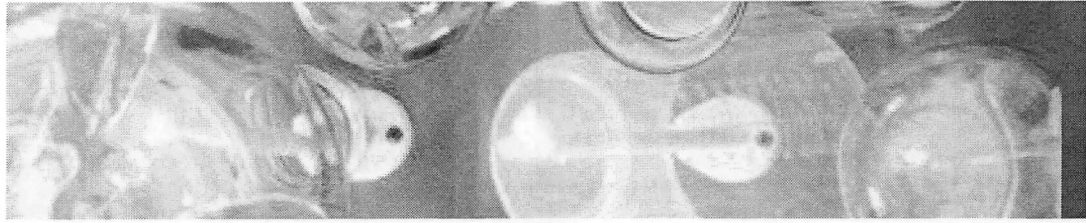
[illegible]

Carta Gantt

[illegible]

Curso: Uso de estaciones meteorológicas y monitoreo hídrico del suelo para la programación de riego

• 23 y 24 de junio del 2010



- Hotel El Paso de Arica
- Asistencia de 40 personas.
- Dos sesiones:
 - Metodología (Hotel El Paso).
 - Práctico-demostrativo (Agrícola Truffa Hnos).



Curso: Programación de riego en condiciones de salinidad



• 12 y 13 de mayo de 2011 se realizó el taller :
“Programación de riego en condiciones de
salinidad”, en la Facultad de Agronomía de la
UTA.

- Asistencia de 70 personas ,entre
estudiantes, profesionales y agricultores.

Taller: Programación de riego para los principales cultivos del valle de Azapa

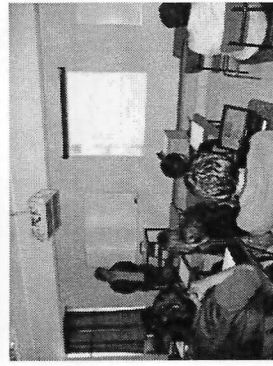
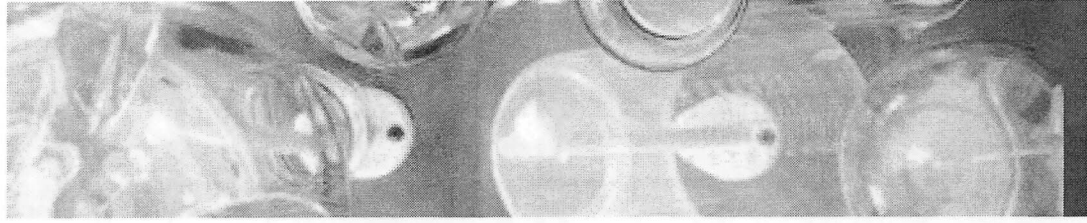
• 24 de agosto del 2010 en las dependencias de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UTA.



- Participación de 50 personas
- Taller teórico-práctico de programación de riego, para determinar las necesidades hídricas de los principales cultivos del valle de Azapa.



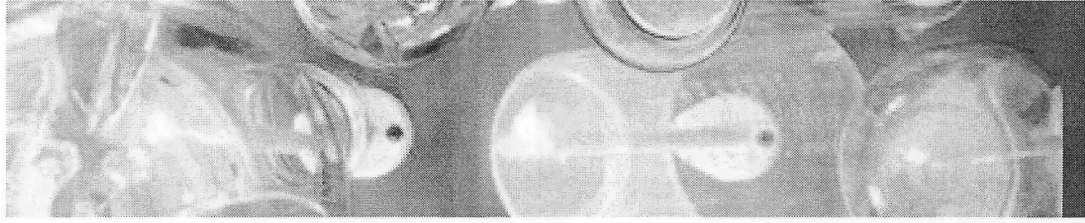
Taller: Resultados de la programación de riego en maíz (*Zea mays* L.), basados en la integración de los datos de una Estación Meteorológica Automática (EMA) en el valle de Azapa



• 15 de Junio del 2011, en Facultad de Ciencias
Agrarias de la UTA.

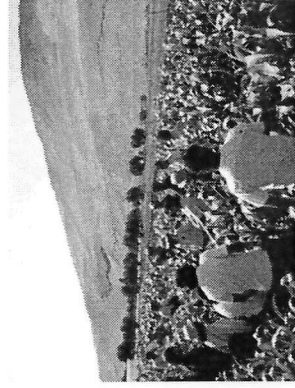
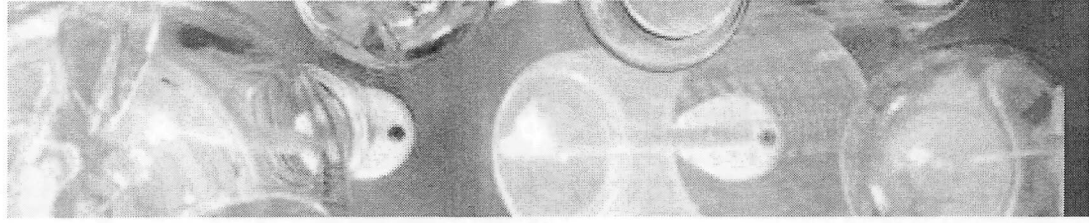
- Resultados de la programación de riego en
maíz.

Día de campo: Fertirrigación en tomate y pimiento



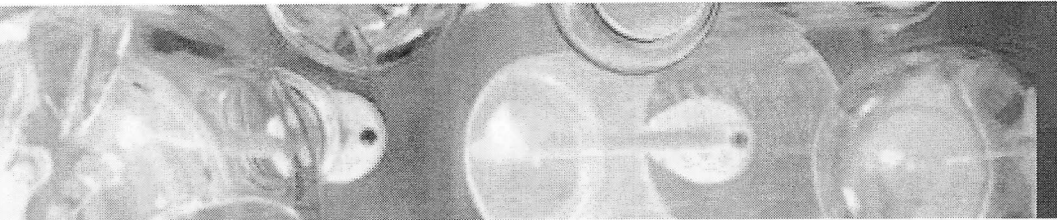
- 23 de noviembre del 2010 en el predio del agricultor Sr. Eris Rojas.
- Participación de 44 personas ligadas al ámbito productivo del sector agrícola.
- Se dieron a conocer los resultados de los ensayos realizados en fertilización del Tomate y Pimiento en el valle de Azapa.

Día de campo: Programación de riego en maíz, basado en información climática y el monitoreo del estado hídrico del suelo y la planta.



- 25 de marzo del 2011 en predio de la empresa *Massai Agricultural Services*, ubicado en el kilómetro 8 1/2 del valle de Azapa.
- Participación de agricultores, profesionales y estudiantes relacionados al rubro hortícola.

Cartillas Divulgativas



INIA - URURI
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS, CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESPECIALIZADO EN AGRICULTURA, ENSAYO Y CALIBRADO, REGIÓN DE ARAUCO Y PARMACOTA, MINISTERIO DE AGRICULTURA.
 INFORMACIÓN N° 41, ABRIL 2011

USO DE SENSORES DE CAPACITANCIA PARA EL MONITOREO DEL AGUA EN EL SUELO

Alejandro Antúnez B.
Ing. Agrónomo Ph.D., INIA La Plátana
Eduardo Carralho G.
Ing. Agrónomo, INIA Ururi
Jaime Oñarela A.
Ing. Agrónomo, INIA Ururi

El uso eficiente del agua de riego tiene gran relevancia en climas áridos, más aun al constatar los efectos derivados del cambio climático que afecta al planeta agudizando los ciclos de sequía, generando problemas al desarrollo y productividad de la agricultura de la región.

A pesar del masivo uso de sistemas de riego presurizado en la producción agrícola en los valles de la Región de Arica y Parinacota, la tecnología utilizada no se acompaña de una adecuada programación del riego. El monitoreo de la humedad del suelo permite, en gran medida, tomar decisiones relacionadas con la cantidad y oportunidad de aplicación del agua para satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos, reduciendo de esta modo las pérdidas de agua por percolación o escurrimiento.



Estudio "Modelación de Sistema de Agricultura de Precisión"
 Financia FIC Región de Arica y Parinacota - Código FIA EST 1009-0666

INIA - URURI
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS, CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESPECIALIZADO EN AGRICULTURA, ENSAYO Y CALIBRADO, REGIÓN DE ARAUCO Y PARMACOTA, MINISTERIO DE AGRICULTURA.
 INFORMACIÓN N° 41, ABRIL 2011

PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL VALLE DE AZAPA

Alejandro Antúnez B.
Ing. Agrónomo Ph.D., INIA La Plátana
Eduardo Carralho G.
Ing. Agrónomo, INIA Ururi
Jaime Oñarela A.
Ing. Agrónomo, INIA Ururi

Para determinar la oportunidad y altura de riego a aplicar, en otras palabras cuando y cuanto regar, es necesario considerar algunos aspectos importantes, tales como:

- Las propiedades físico-hídricas del suelo en particular.
- La intensidad de precipitación o tasa de aplicación neta del sistema de riego.
- La eficiencia del sistema de riego.
- La fracción de lavado de sales.
- El monitoreo periódico del contenido volumétrico (θ_v) del agua en el suelo.

Las pausas de riego fueron desarrolladas para dos de los principales cultivos de la zona:

1. Programación de riego basada en mediciones de evaporación diarias desde una bandeja de evaporación clase A. Cultivo: tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo malla antífido. Predio Agrícola Truffa, ubicado en el Km 19 del valle de Azapa.
2. Programación de riego basada en registros meteorológicos aportados por la ENIA ubicada en las cercanías del sector. Cultivo: maíz choclero.



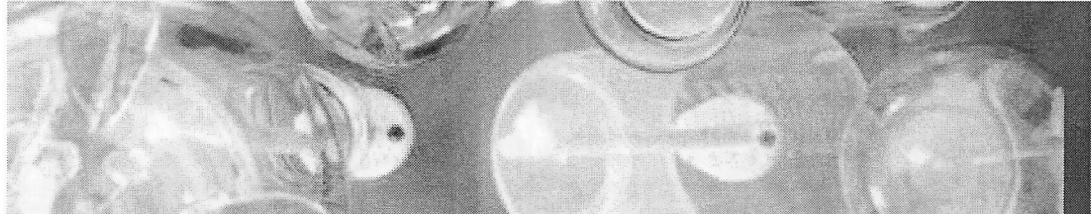
Estudio "Modelación de sistema de agricultura de precisión"
 Financia FIC Región de Arica y Parinacota - Código FIA EST 1009-0666

En el valle de Azapa, los programas de riego asociados al rubro hortícola presentan frecuentemente deficiencias relacionadas con la cantidad y oportunidad de aplicación del agua. Para subsanar esta brecha tecnológica, se desarrolló una programación de riego específica para cultivos hortícolas de importancia económica en la zona, a partir de los registros de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs) y bandejas de evaporación clase A, complementados con el monitoreo continuo del contenido de agua en el suelo.

El proyecto "Modelación de Sistema Agricultura de Precisión" financiado por el Gobierno Regional de Arica y Parinacota con la supervisión local que propone el desarrollo de información local que apoye la toma de decisiones de riego en los principales cultivos hortícolas del valle de Azapa, para generar criterios o pausas de riego transferibles a la comunidad agrícola del sector.

Para determinar el contenido de agua en el suelo, se conocen dos clases de métodos: directos e indirectos. En el método directo o método gravimétrico, se colecta una muestra de suelo, se determina su masa en húmedo, se seca en el horno y se pesa nuevamente determinando el peso del suelo seco. La diferencia de masa, correspondiente al contenido de agua de la muestra, valor que dividido por la masa del suelo seco, determina el contenido gravimétrico del agua en el suelo (w). Para obtener el contenido volumétrico de agua en el suelo se multiplica por la densidad aparente del suelo. El método gravimétrico es frecuentemente el estándar contra el cual se calibran los métodos indirectos.

Cartillas Divulgativas




INFORMATIVO
INIA - URURI
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESPECIALIZADA AGRICULTURA DEL DESIERTO Y ALTIPLANICHO
 INIA SUR, REGIÓN DE ARAUCO Y PAMPA DE LA AGROPECUARIO DEL SUR
 FORMASUR 16, 17 y 18 de 1911

Manejo del riego para mitigar el impacto de la salinidad en cultivos

Alejandro Antúnez B.
 Ing. Agrónomo Ph.D., INIA La Plateria
 Juan Pablo Martínez C.
 Dr. Ing. Agrónomo, INIA La Cruz
 Eduardo Carvallo G.
 Ing. Agrónomo, INIA Ururi
 Jaime Otazola A.
 Ing. Agrónomo, INIA Ururi

La salinidad es uno de los principales factores ambientales que afecta la productividad y calidad de los cultivos. Aproximadamente 800 millones de hectáreas se encuentran afectadas por salinidad, cerca de la mitad son considerados suelos salinos, mientras que la superficie restante posee altos contenidos de sodio, carbonatos y bicarbonatos. Se estima que el cambio climático incrementará la superficie de tierras sembradas y salinas, produciendo principalmente una reducción en las precipitaciones, condiciones similares a las de la zona central y norte de Chile. Mientras que

los suelos afectados por sales se presentan extensivamente bajo condiciones naturales, los problemas de salinidad en suelos destinados a la agricultura se encuentran en aumento también producto del manejo del riego.

Por esta razón, el proyecto "Modelación de Sistema de Agricultura de Precisión" ejecutado por INIA y financiado por Fondos FIC-FIA, ha preparado esta cartilla como apoyo a la programación de riegos para la mitigación de los efectos de salinidad. Es importante considerar que la boxación de sales será la principal medida de manejo para mitigar la salinidad, por lo que la adecuada determinación de los volúmenes de agua requeridos será esencial para controlar este problema.

Tipos y causas de la salinidad en los suelos
 La acumulación de sales durante largos periodos de tiempo, a través de procesos naturales en suelos o aguas subterráneas, se denominan



Estudio "Modelación de Sistema de Agricultura de Precisión"
 Financia FIC Región de Arauco y Pampa de La Agrop. - Código FIA ES
 2009-0866


INFORMATIVO
INIA - URURI
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS CENTRO DE INVESTIGACIÓN ESPECIALIZADA AGRICULTURA DEL DESIERTO Y ALTIPLANICHO
 INIA SUR, REGIÓN DE ARAUCO Y PAMPA DE LA AGROPECUARIO DEL SUR
 FORMASUR 16, 17 y 18 de 1911

Respuesta fisiológica y productiva del maíz al exceso y déficit de riego

Alejandro Antúnez B.
 Ing. Agrónomo Ph.D., INIA La Plateria
 Eduardo Carvallo G.
 Ing. Agrónomo, INIA Ururi
 Jaime Otazola A.
 Ing. Agrónomo, INIA Ururi

El déficit de agua no afecta a todos los cultivos de la misma manera, ni tampoco a un mismo cultivo en sus distintas etapas de desarrollo. En

Varios factores relacionados a la demanda de agua por los procesos productivos han hecho que esta recurso sea cada vez más escaso, tanto en calidad como en cantidad, por lo que su conservación y empleo eficiente, es de gran relevancia para el desarrollo económico.

En Chile, donde gran parte de su superficie posee un clima semi árido y semiárido, existen periodos de poca o nula disponibilidad de agua, no siendo posible mantener una agricultura que demande un mayor

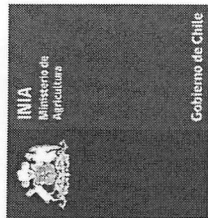
Considerando esta temática, el proyecto "Modelación de Sistema de Agricultura de Precisión" ejecutado por INIA y financiado por Fondos FIC-FIA, plantea el desarrollo de una estrategia de manejo del riego basándose en la aplicación de diferentes regímenes hídricos en función de la reproducción de la evapotranspiración del cultivo de maíz (Zea mays L.). A continuación se describen los resultados obtenidos en el marco del proyecto.

Demanda de agua del cultivo de maíz

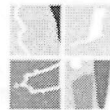
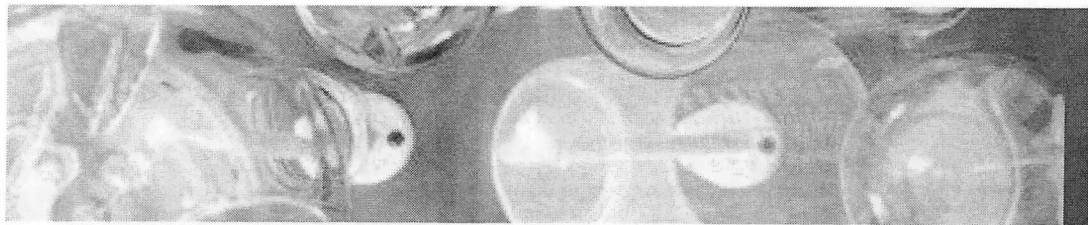
El déficit de agua no afecta a todos los cultivos de la misma manera, ni tampoco a un mismo cultivo en sus distintas etapas de desarrollo. En

Estudio "Modelación de Sistema de Agricultura de Precisión"
 Financia FIC Región de Arauco y Pampa de La Agrop. - Código FIA ES
 2009-0865





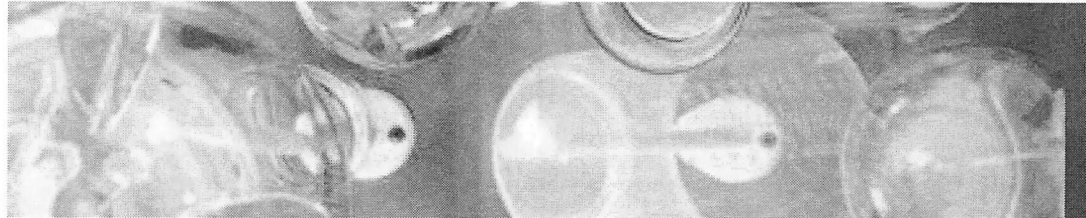
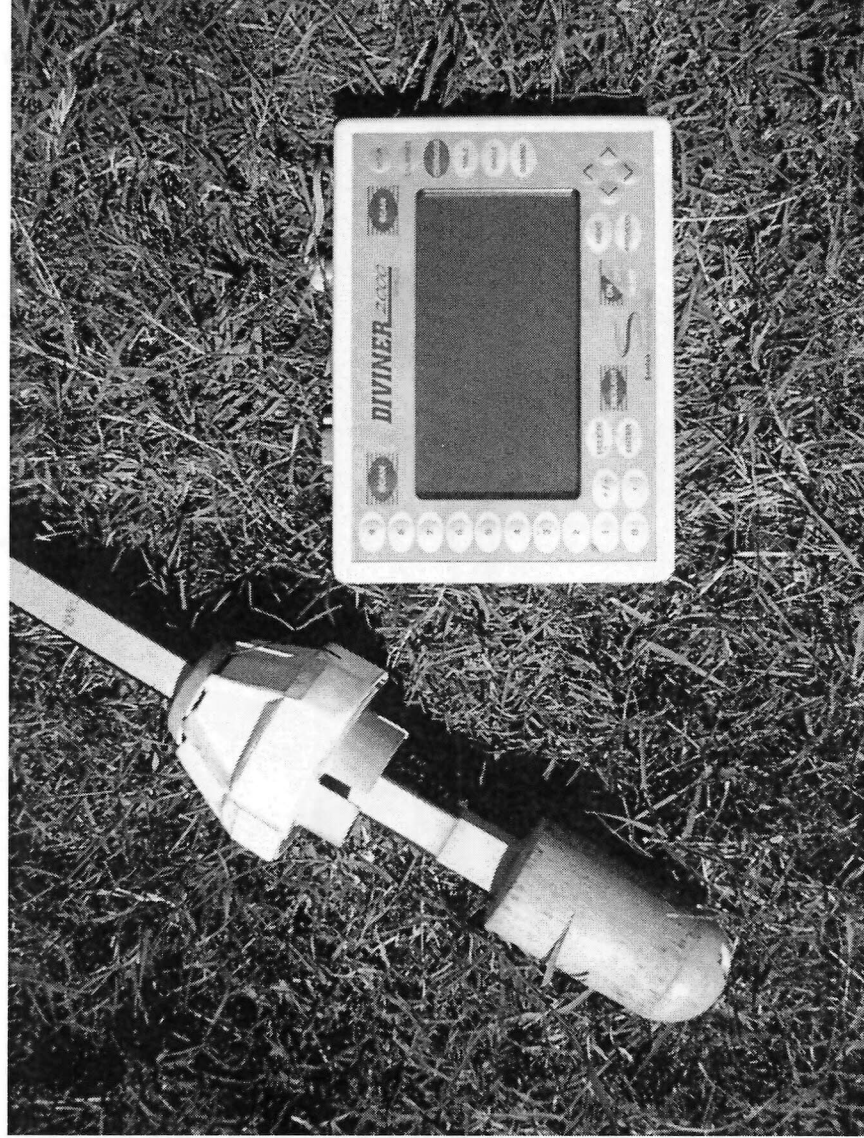
Equipamiento e instrumentos de apoyo a la programación de riego



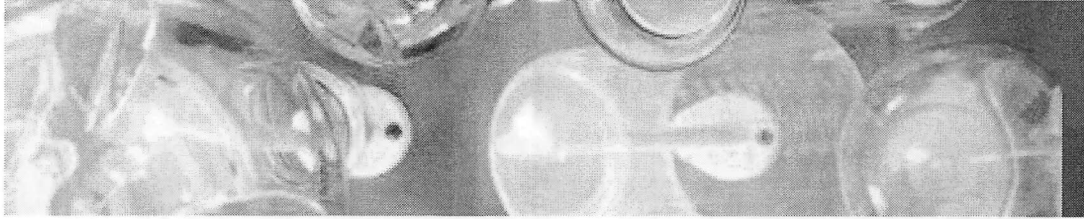
ARICA Y PARINACOTA
GOBIERNO REGIONAL



Sonda de capacitancia, FDR Diviner 2000



Sensores de agua en el suelo ECH₂O

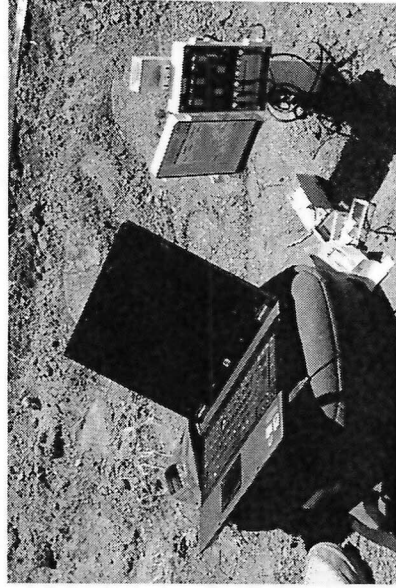
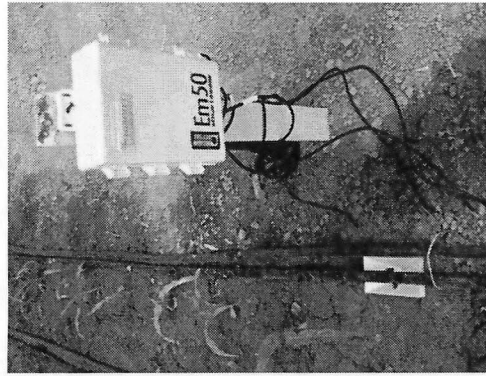
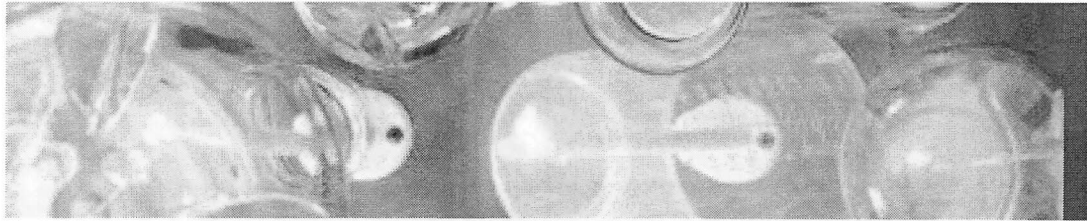


Sensor de humedad ECH₂O

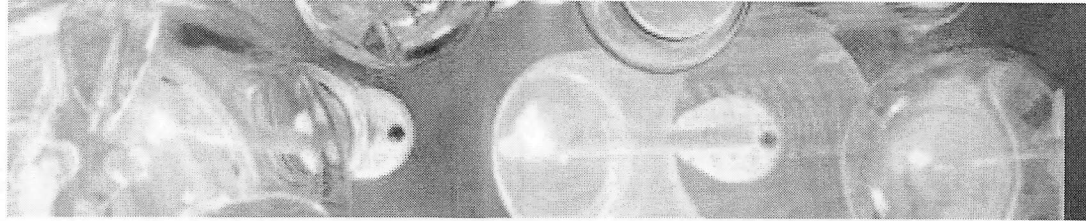


Instalación de sensores ECH₂O

Sensores de agua en el suelo ECH₂O

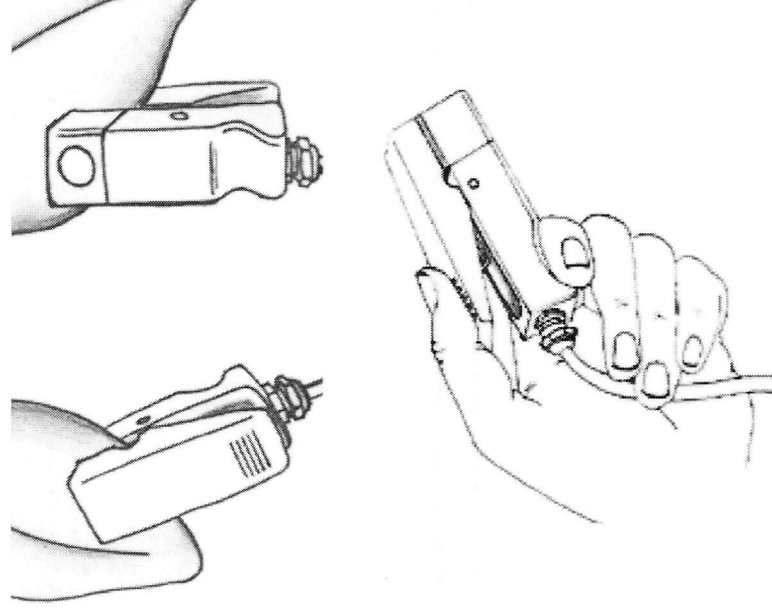
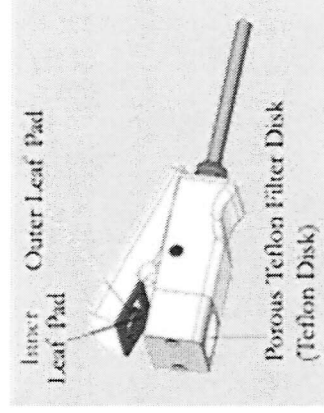
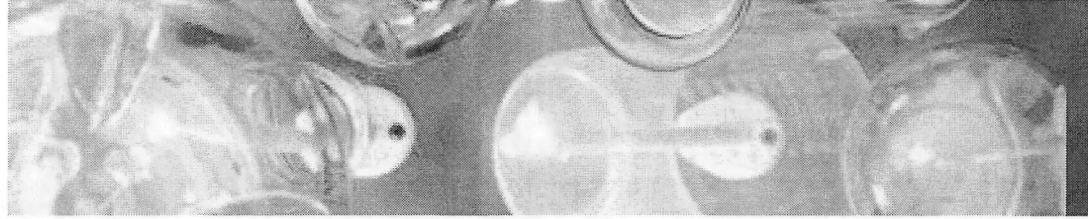


Sensores conectados a sistema de registro y descarga a un computador personal.



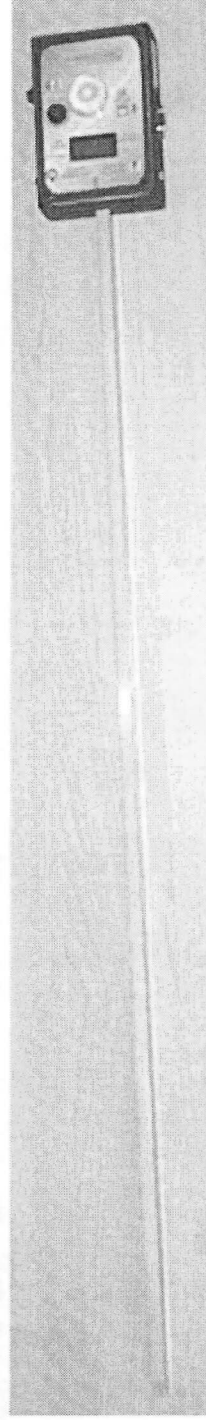
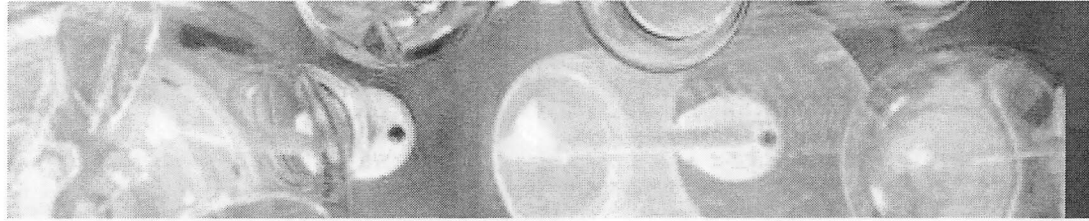
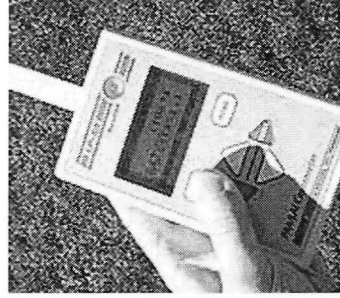
Ventajas		Desventajas	
Gravimétrico	Preciso y directo.	- Es un método destructivo. - Existe un tiempo de desfase entre la toma de muestra y el tiempo de secado. - Requiere el secado de la muestra en horno de laboratorio y el uso de una balanza de precisión.	
Diviner 2000	- En un mismo sitio de medición o tubo de acceso, se pueden hacer lecturas a diferentes profundidades de suelo. - Son resistentes, estables y requieren poco mantenimiento. - No son radioactivos, no requieren permiso de utilización.	- Alto costo del equipo, aunque éste puede emplearse para medir en numerosos puntos o sitios. - La sonda FDR tiene un costo de 4.150 dólares, y un CD-ROM de 300 dólares (sin IVA, precios a marzo 2011). - La instalación del tubo de acceso de la sonda se dificulta en algunos suelos. - Presencia de materiales extraños, piedras o grietas dificultan la medida. - Requiere calibración para cada suelo y horizonte.	
Sensores ECH2O	- Permite realizar medidas continuas del contenido de agua en el suelo. - Medidas a diferentes profundidades. - Son resistente, estables y requieren poca mantención.	- Cada sensor es de bajo costo, pero la implementación de un medidor portátil para el almacenamiento de datos es de un valor elevado. - Cada sensor ECH₂O tiene un costo de 115 dólares, mientras que un registrador de datos con conexión de varios sensores posee un valor de 650 dólares (sin IVA, precios a marzo 2011). - Requiere calibración para cada tipo de suelo.	

Medición de Conductancia Estomática

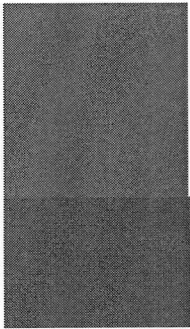


Porómetro de hoja

Medición de PAR e IAF



Ceptómetro de barra

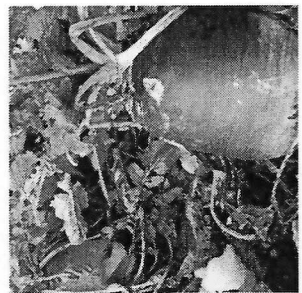
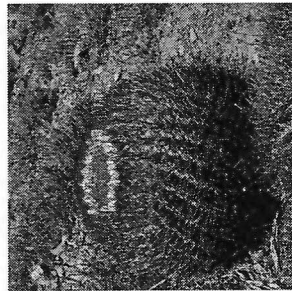
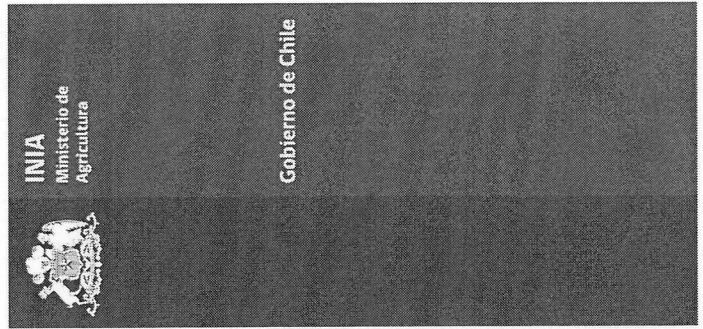


ARICA Y PARINACOTA
GOBIERNO REGIONAL



Programación de riego en los principales cultivos hortícolas

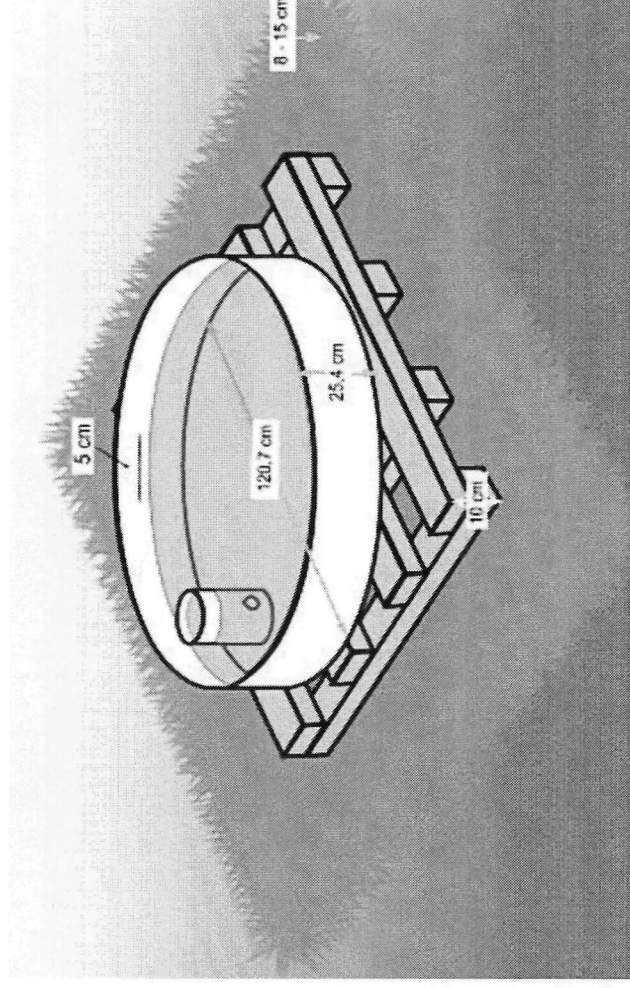
Jaime Otárola A.
Ing. Agrónomo



Demanda atmosférica o evapotranspiración de referencia (ET_o)

- Cantidad de agua requerida para satisfacer la demanda de un cultivo bajo, denso y sin limitaciones hídricas ni fitosanitarias.
- METODOS UTILIZADOS PARA DETERMINACION DE LA ET_o
- Bandeja de evaporación
- Penman Monteith (T^o , HR, Radiación solar, Viento, Presión atmosférica)

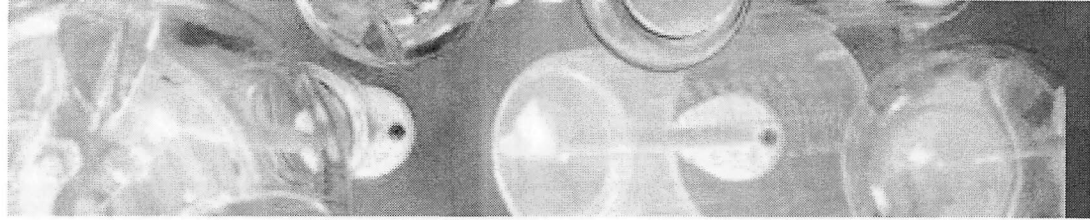




Dato confiable de la ET_0

$$ET_0 = E_v \times K_p \text{ (Humedad, viento)}$$

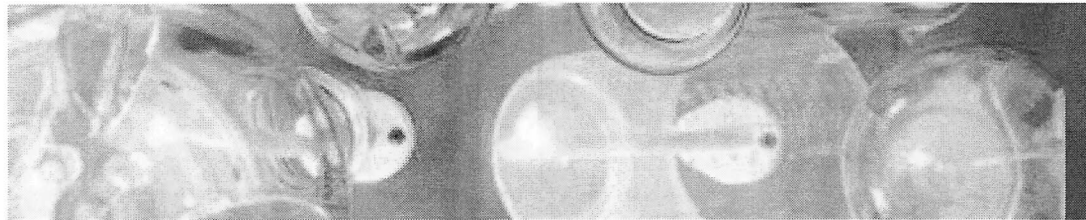
Se utilizó un coeficiente de bandeja de 0,8 en invernadero



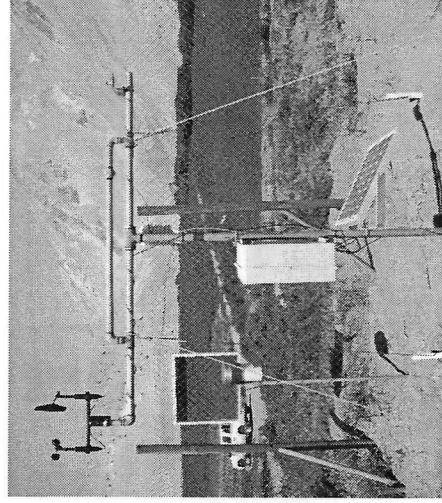
		Humedad Relativa (%)											
		20			40			60			80		
U	D(m)	10	50	100	10	50	100	10	50	100	10	50	100
(km/día)													
50		0.57	0.62	0.67	0.65	0.70	0.75	0.72	0.77	0.82	0.78	0.82	0.87
100		0.56	0.60	0.65	0.64	0.69	0.74	0.71	0.75	0.80	0.77	0.81	0.85
200		0.53	0.58	0.63	0.62	0.66	0.71	0.68	0.73	0.78	0.74	0.78	0.82
300		0.51	0.56	0.61	0.59	0.64	0.69	0.66	0.70	0.75	0.71	0.75	0.79
400		0.49	0.53	0.58	0.57	0.61	0.66	0.63	0.67	0.72	0.68	0.72	0.75
500		0.46	0.51	0.56	0.54	0.59	0.64	0.60	0.65	0.70	0.65	0.69	0.72
600		0.44	0.48	0.53	0.52	0.56	0.61	0.58	0.62	0.67	0.62	0.66	0.69
700		0.41	0.46	0.51	0.49	0.53	0.59	0.55	0.59	0.64	0.59	0.63	0.66
800		0.39	0.43	0.48	0.47	0.51	0.56	0.52	0.57	0.62	0.56	0.61	0.63

D = Distancia desde la bandeja hasta el borde de la cubierta vegetal de césped (m)

U = Velocidad del viento (Km/día).



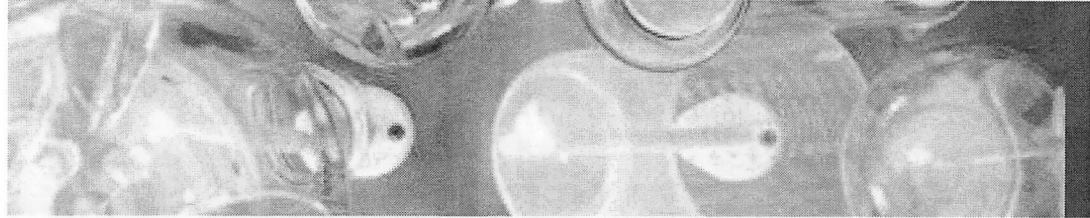
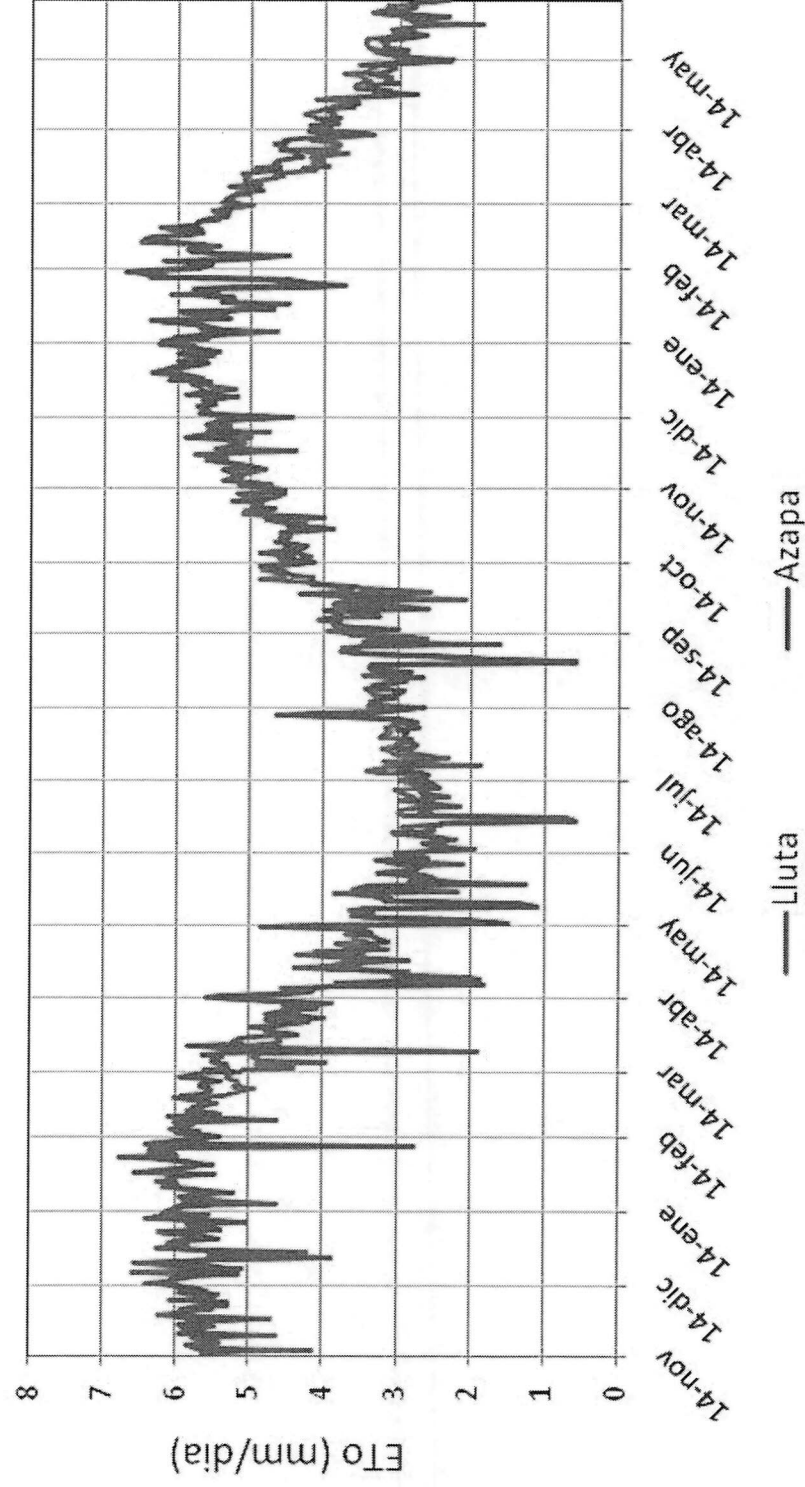
Determinación alternativa mediante datos climáticos (EMA´s)



Temperatura
Humedad relativa
Radiación solar
Viento

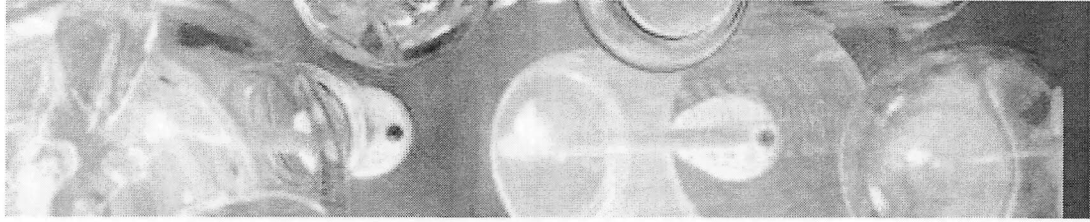
ET_o

Evapotranspiración de referencia (mm/día) Temporada 2009 - 2011

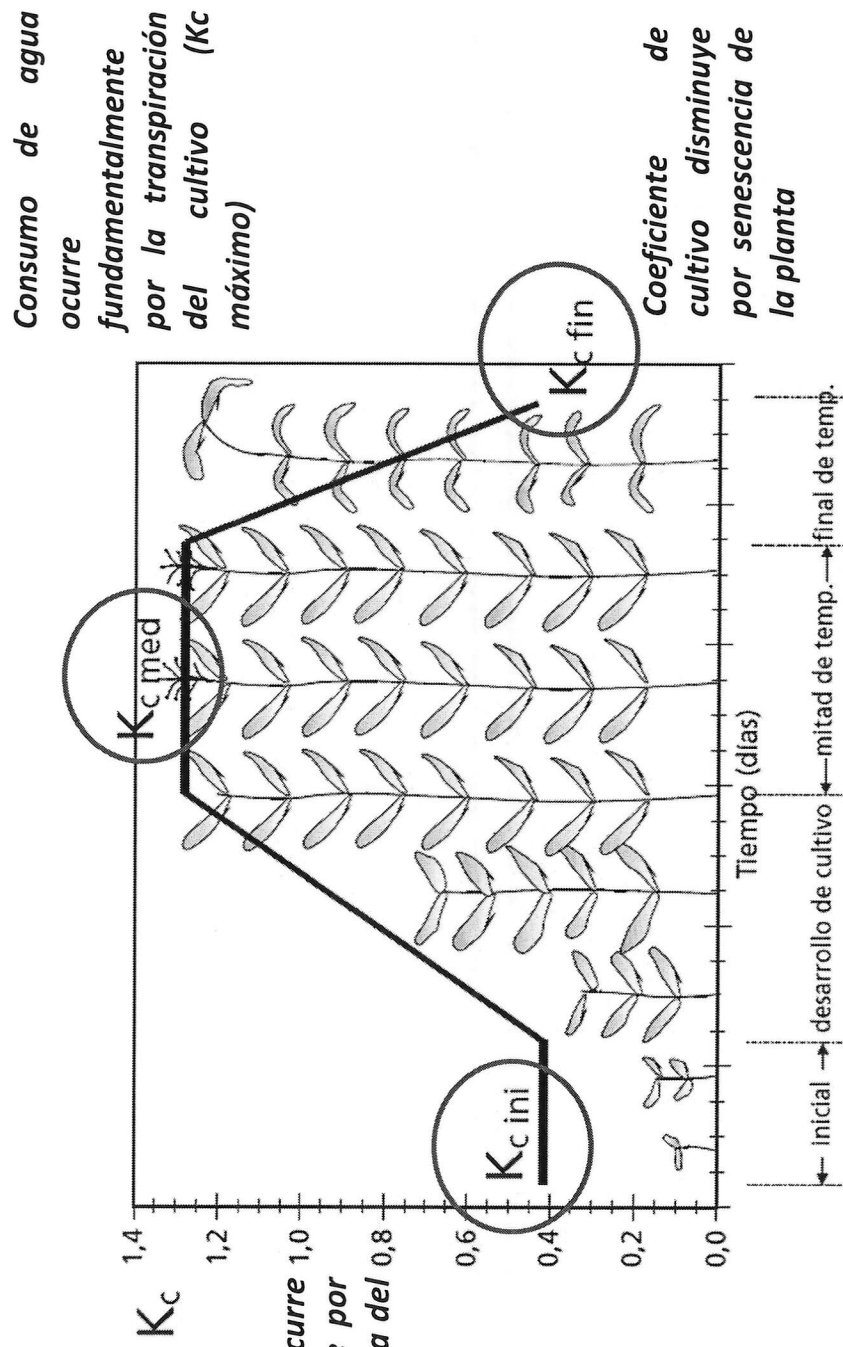
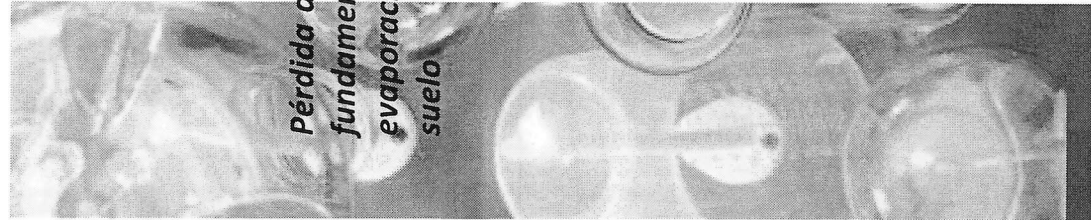


Evapotranspiración de cultivo (ET_c)

- El valor de ET_0 (condiciones climáticas) debe ser corregido por un coeficiente de cultivo (K_c).
- Específico para cada especie
- Estado de desarrollo
- Grado de cobertura o desarrollo foliar.
- $ET_c \text{ (mm/día)} = ET_0 \text{ (mm/día)} \times K_c \text{ (0,2 - 1 o más)}$

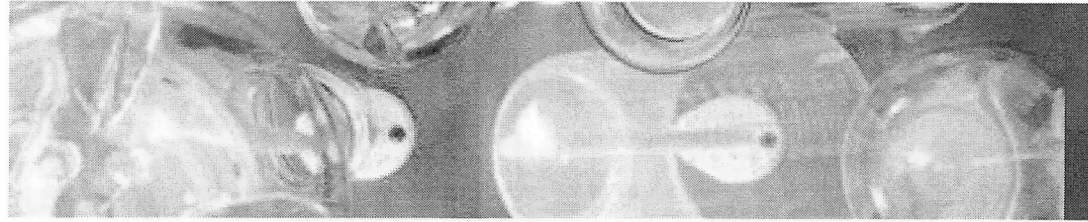


Curva generalizada del coeficiente del cultivo



Kc maíz

Estado fenológico	Kc
V4	0,30
V5	0,40
V6	0,50
V7	0,60
V8	0,80
V10	0,95
V12	1,00
Aparicion de panoja	1,10
Emergencia estigma	1,20
Grano acuoso	1,20
Grano lechoso	1,10
Grano pastoso	1,00
Grano dentado	0,95
Madurez fisiológica	0,40



Kc poroto verde

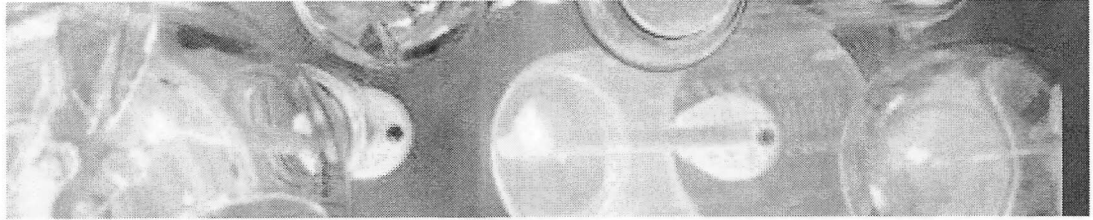
Mes	Etap	Kc
Agosto	Post siembra	0,2
	Post emergencia	0,5
	Crecimiento	0,8
	Crecimiento	1
Septiembre	Crecimiento	1,1
	Crecimiento	1,15
	Boton floral	1,1
Octubre	Cuaja	0,95
	Llenado de vaina	0,9
	Inicio cosecha	0,7

Kc tomate

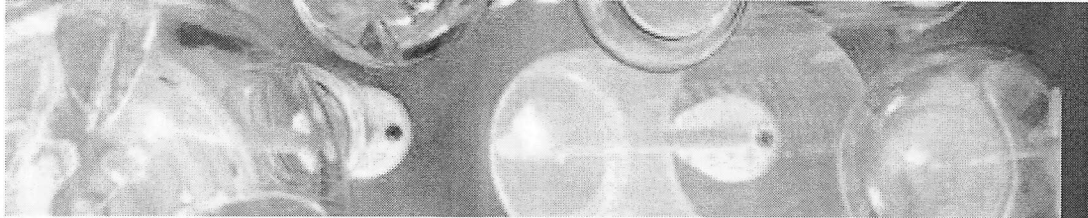
Mes	Kc
Abril	0,45
Mayo	0,45
Junio	0,5
Julio	0,65
Agosto	0,85
Septiembre	1
Octubre	1,2
Noviembre	0,95

Kc pimiento

Mes	Kc
Junio	0,4
Julio	0,6
Agosto	0,9
Septiembre	1
Octubre	1,1
Noviembre	1,2
Diciembre	1,2



Kc cebolla (Lluta)

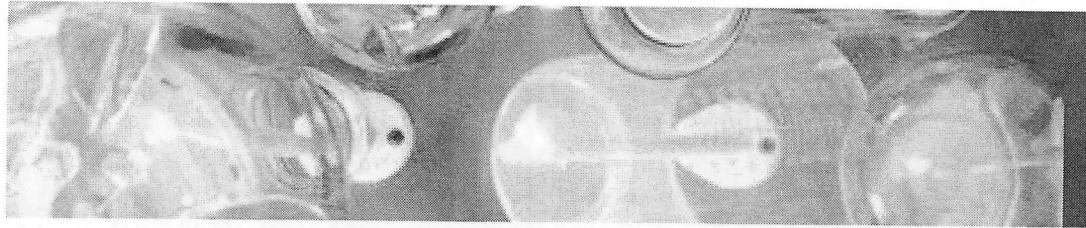
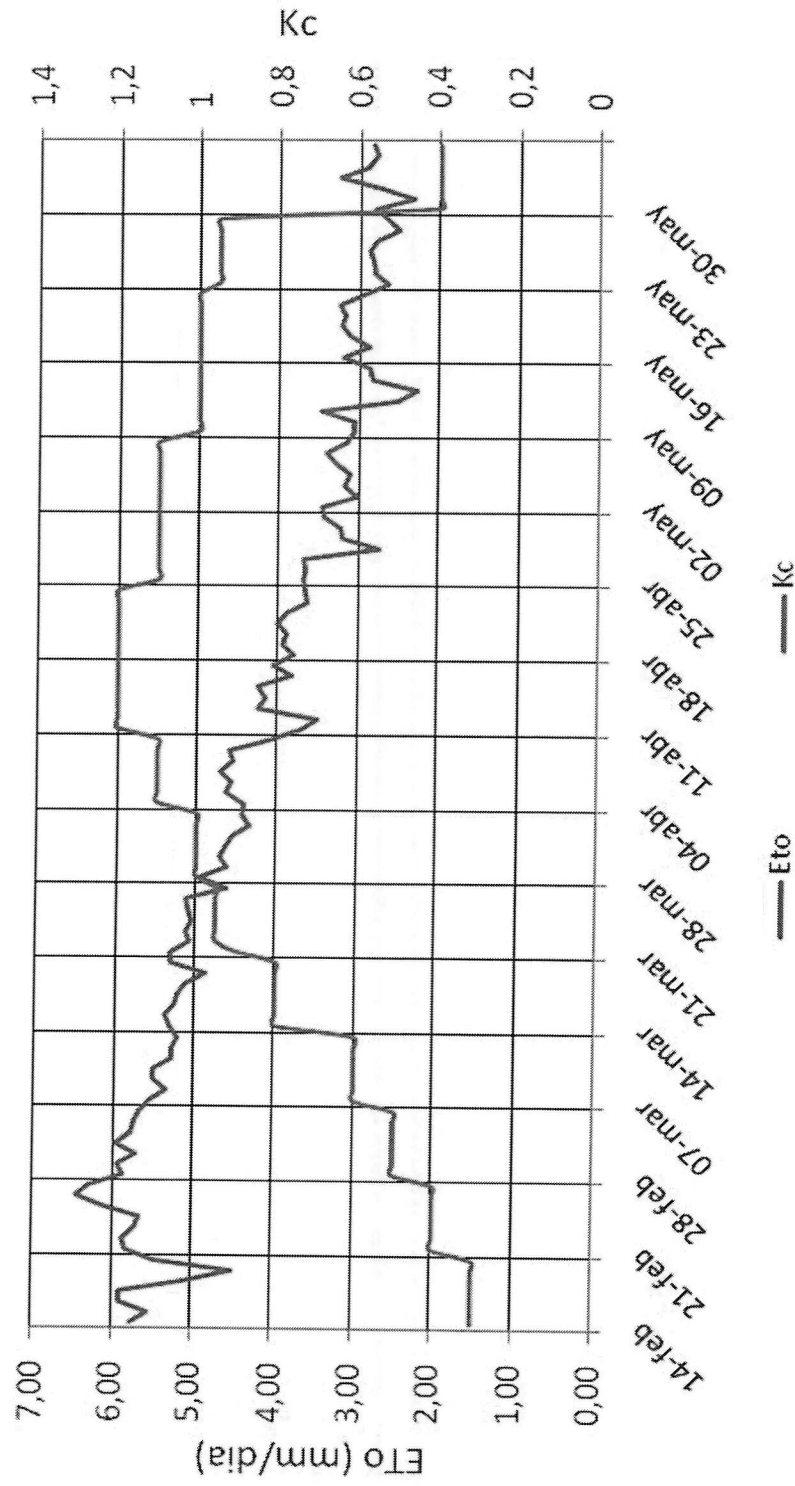


Mes	Kc
Julio	0,58
Agosto	0,64
Septiembre	0,7
Octubre	0,5
Noviembre	0,5

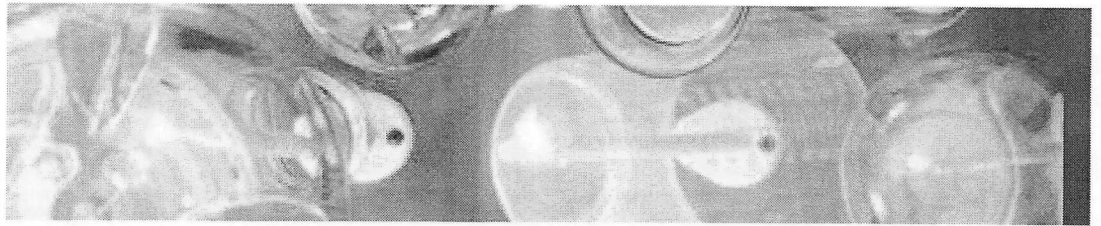
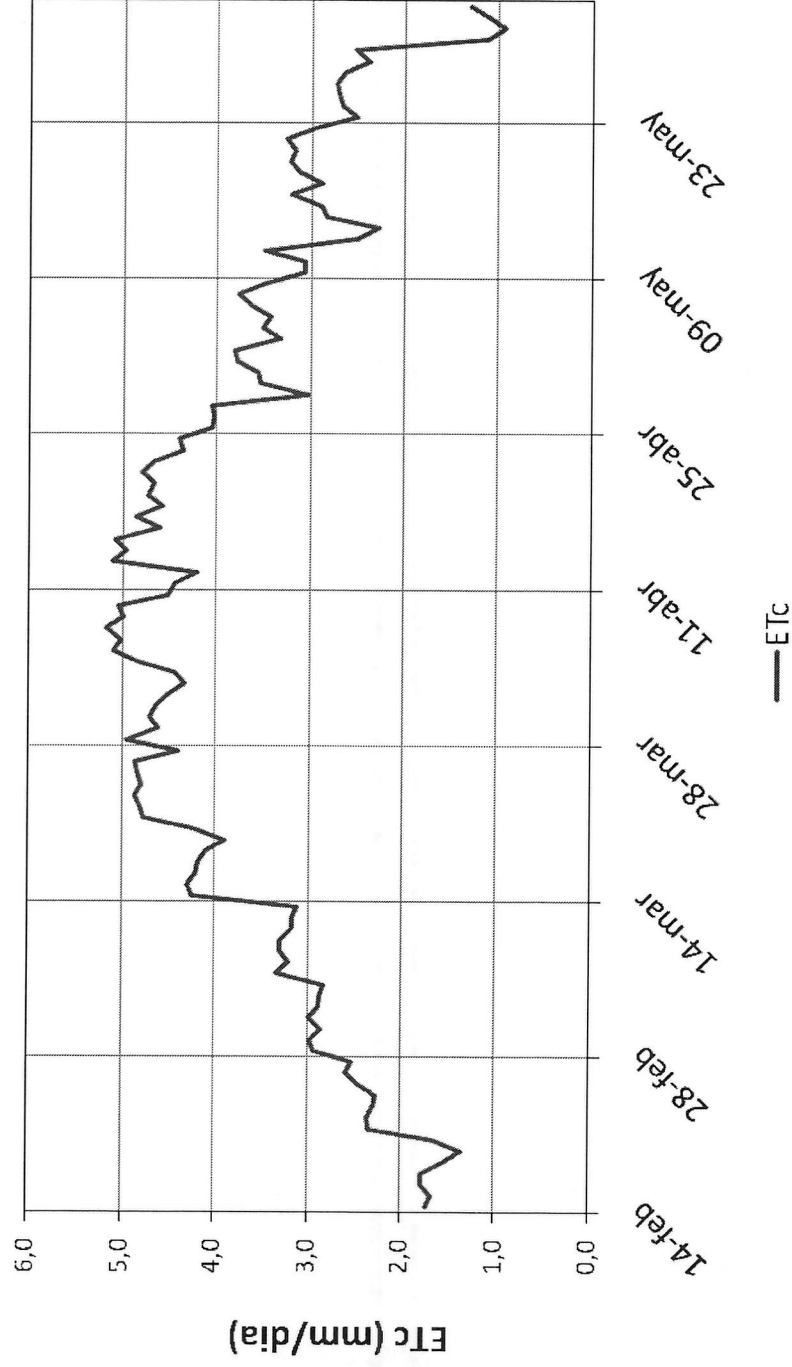
Kc utilizados

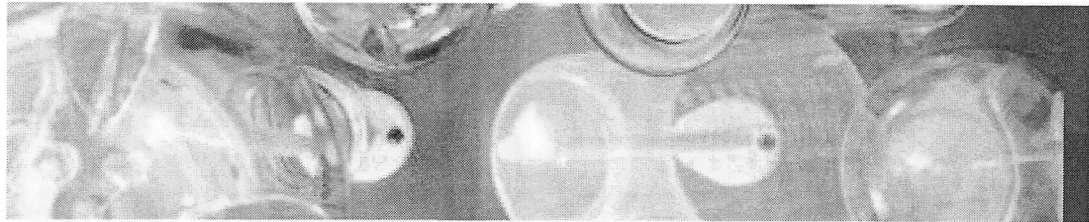
Cultivo	Referencia
Tomate	Adaptado de Ducrocq, 1990
Pimiento	Adaptado de Cadahia, 2005
Maíz dulce	Ojeda – Bustamante <i>et al.</i> (2006)
Poroto	Adaptado de Ducrocq, 1990
Cebolla	Comunicado regional

EJEMPLO ET_0 vs K_c maíz

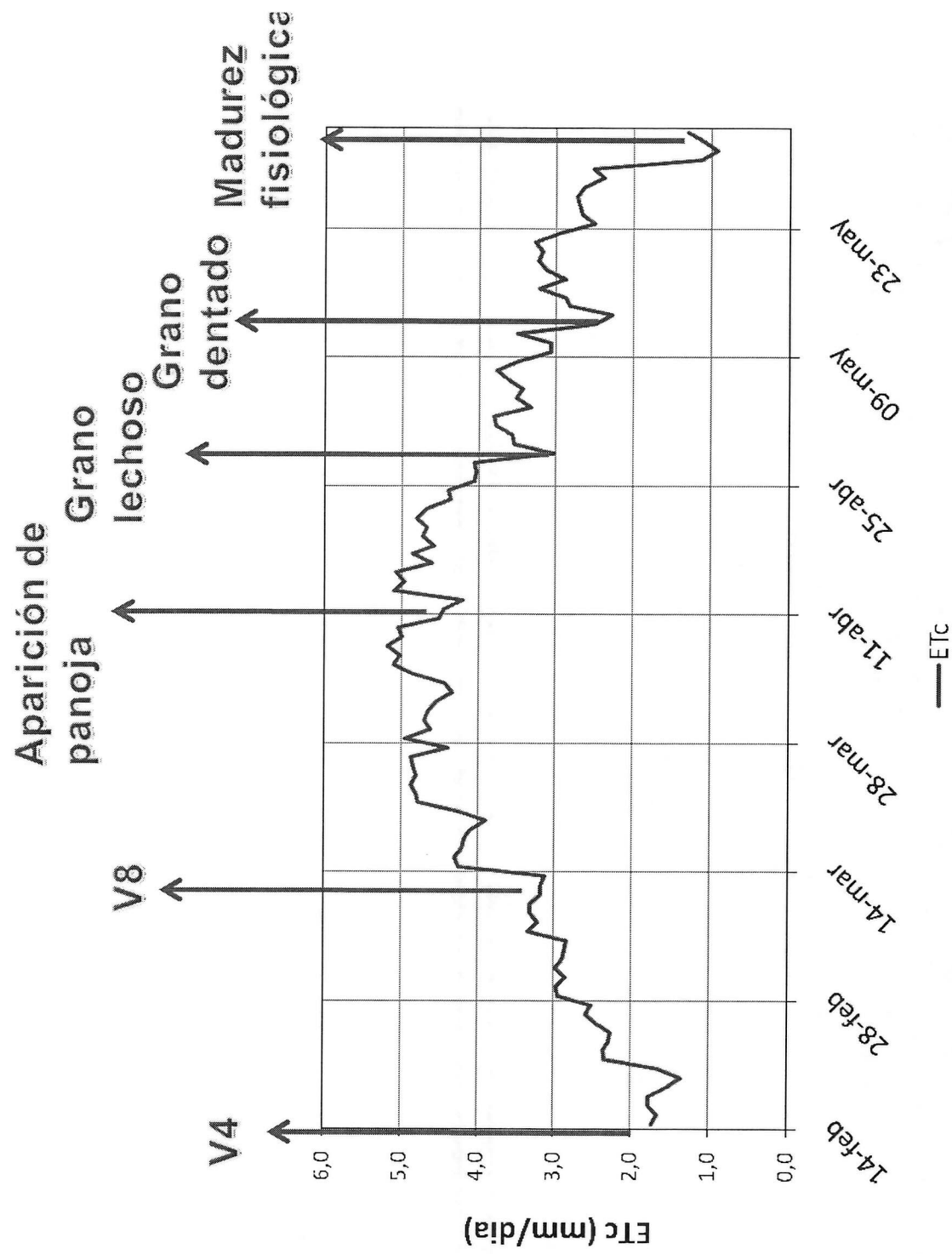


$$\text{Demanda neta} = ET_0 \times Kc$$





$$\text{Demanda neta} = \text{ET}_0 \times \text{Kc}$$



Determinación tiempo de riego en aparición de panoja

$$\text{Demanda bruta (mm/día)} = \frac{ETc \text{ (mm/día)}}{Efa \times (1 - FL)}$$

$$\text{Fracción de lavado} = \frac{CE \text{ agua de riego (dS/m)}}{2 \times \text{Max CE (dS/m)}}$$

$$\text{Pp equipo (mm/día)} = \frac{\text{Caudal del gotero (Lt/hr)}}{\text{Dist goteros (m)} \times \text{Dist entre líneas (m)}} \times \text{Nº de cintas por hilera}$$

$$TR \text{ (min)} = \frac{\text{Demanda bruta (mm/día)}}{\text{Pp equipo de riego (mm/hr)}} \times 60$$



$$\text{Fracción de lavado} = \frac{CE \text{ agua de riego (dS/m)}}{2 \times \text{Max CE (dS/m)}}$$

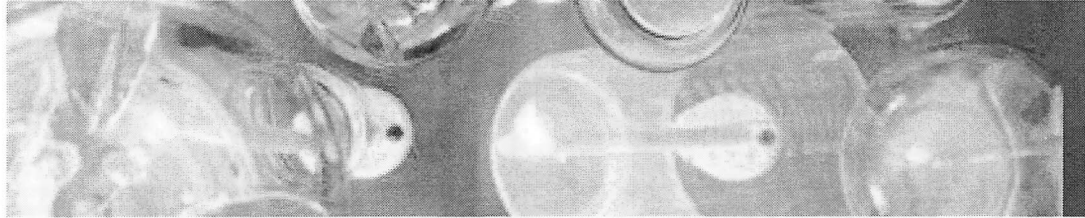
$$\text{Fracción de lavado} = \frac{3,6 \text{ dS/m}}{2 \times 10 \text{ dS/m}}$$

$$\text{Fracción de lavado} = 0,18$$

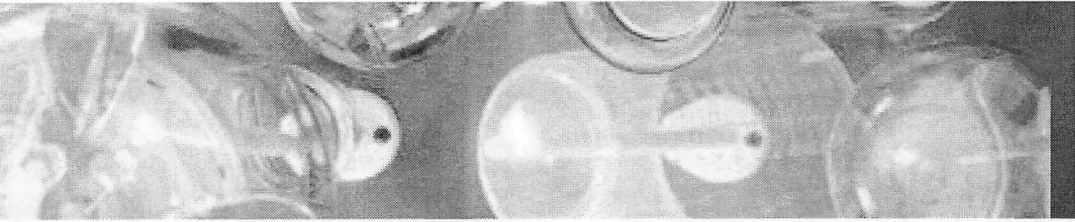
$$\text{Demanda bruta (mm/día)} = \frac{ETc \text{ (mm/día)}}{Efa \times (1 - FL)}$$

$$\text{Demanda bruta} = \frac{5 \text{ mm/día}}{0,9 \times (1 - 0,18)}$$

$$\text{Demanda bruta} = 6,77 \text{ mm/día}$$



$$Pp \text{ equipo (mm/día)} = \frac{\text{Caudal del gotero (mm/día)}}{\text{Dist goteros (m)} \times \text{Dist entre líneas (m)}} \times N^{\circ} \text{ de cintas por hilera}$$



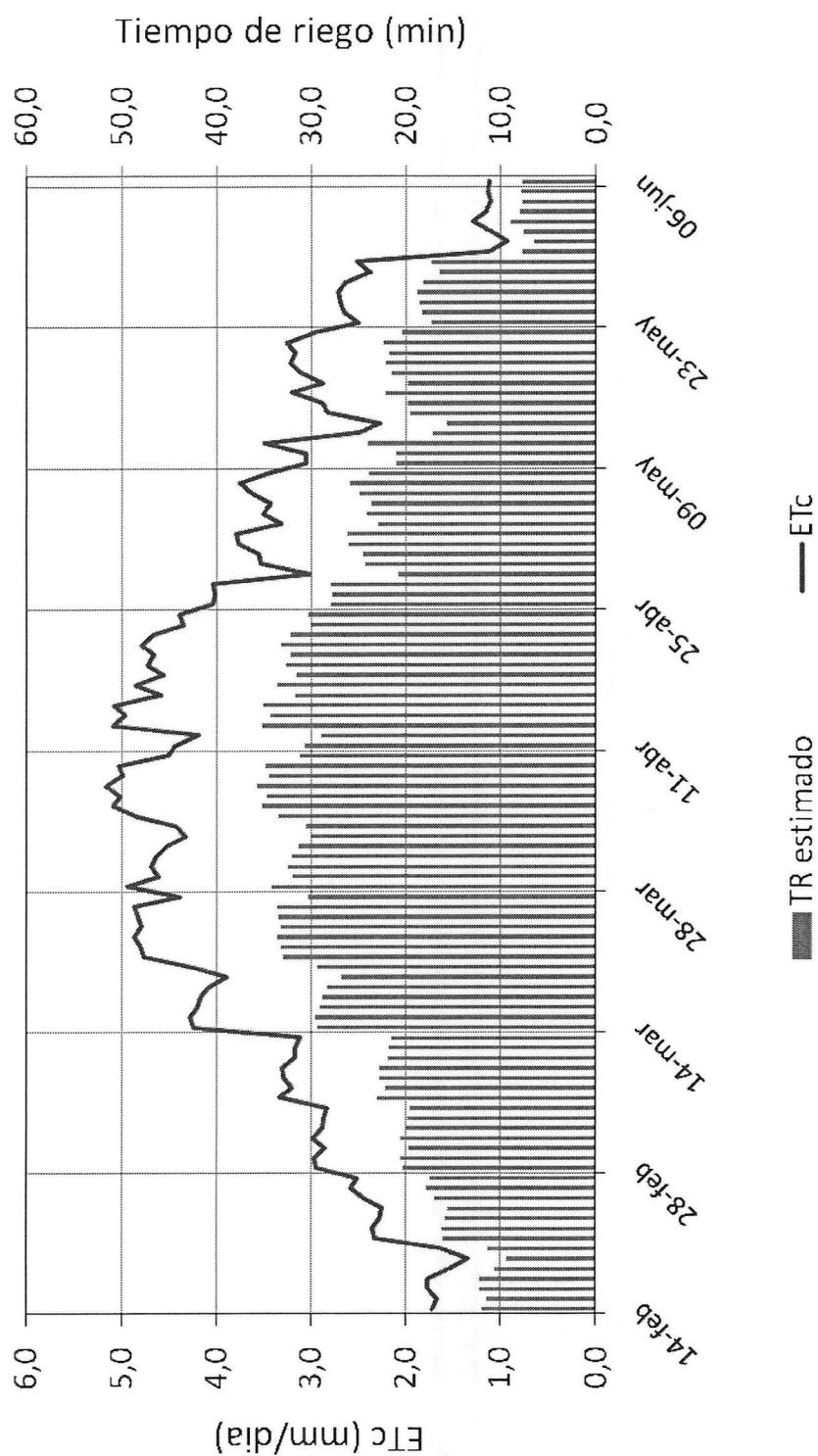
$$Pp \text{ equipo (mm/día)} = \frac{2 \text{ Lt/hr}}{0,2 \text{ m} \times 1,7 \text{ m}} \times 2 \text{ cintas}$$

$$Pp \text{ equipo} = 11,76 \text{ mm/día}$$

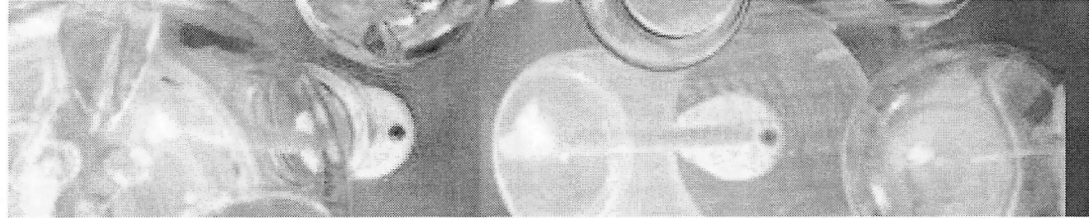
$$TR \text{ (min)} = \frac{\text{Demanda bruta (mm/día)}}{Pp \text{ equipo de riego (mm/hr)}} \times 60$$

$$TR = \frac{6,77 \text{ mm/día}}{11,76 \text{ mm/hr}} \times 60$$

$$TR = 35 \text{ min/día}$$



Programación de riego cebolla (Lluta, Purochile)



Mes	Eto (mm/día)	Kc	Etc (mm/día)	TR (min/día)	TR Aplicado (min/día)
Julio	2,94	0,58	1,71	37,9	30
Agosto	3,45	0,64	2,21	49,1	50
Septiembre	3,90	0,7	2,73	60,7	60
Octubre	4,90	0,5	2,45	54,4	55
Noviembre	5,50	0,5	2,75	61,1	60

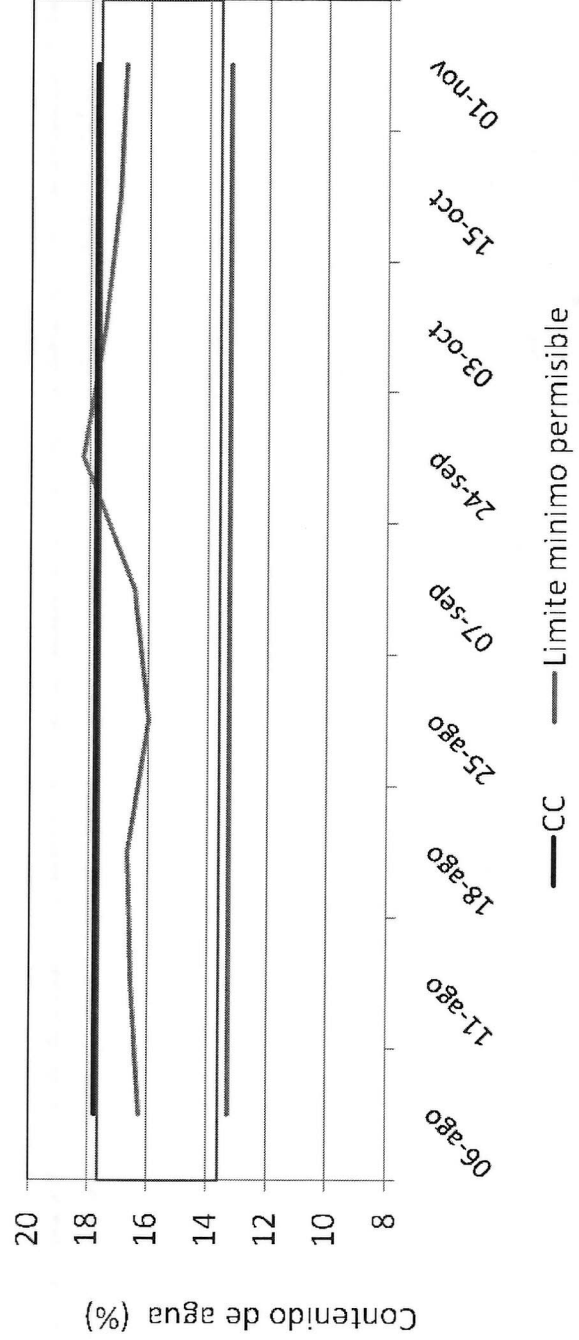
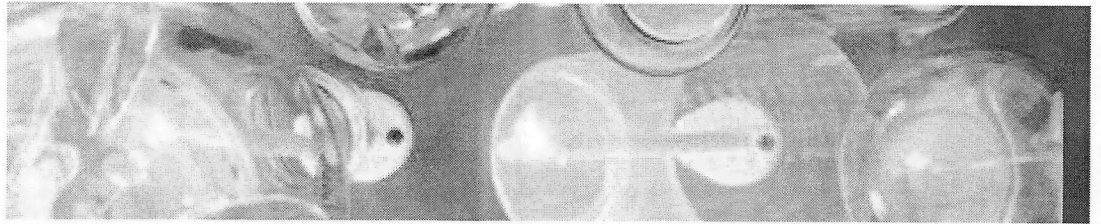
- **Contenido de agua en el suelo**

DIVINER 2000



Programación de riego cebolla

Mes	ETo (mm/día)	Kc	Etc (mm/día)	TR (min/día)	TR Aplicado (min/día)
Julio	2,94	0,58	1,71	37,9	30
Agosto	3,45	0,64	2,21	49,1	50
Septiembre	3,90	0,7	2,73	60,7	60
Octubre	4,90	0,5	2,45	54,4	55
Noviembre	5,50	0,5	2,75	61,1	60



Análisis físico de suelo



LABORATORIO AGRICOLA
 ANALISIS DE SUELO - FOLIAJ - AGUA
 FITOPATOLOGIA

INFORME DE RESULTADOS - Nº Orden: 76.627 ANALISIS SUELO

Productor : Instituto De Investigaciones Agrop.

Predio : Ana Maria Yucra

Provincia : Arica

Comuna : Arica

Localidad : Arica

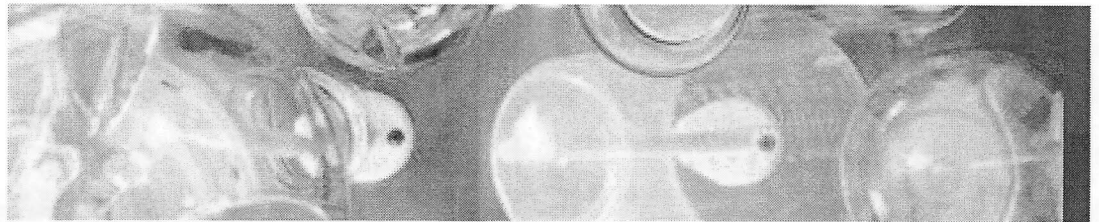
Empresa : Inia-Arica
 Remite : Jaime Otarola

Fecha muestreo : 09/08/2010 F. Informe : 13/08/2010

Fecha analisis : 13/08/2010 F. Informe : 24/08/2010

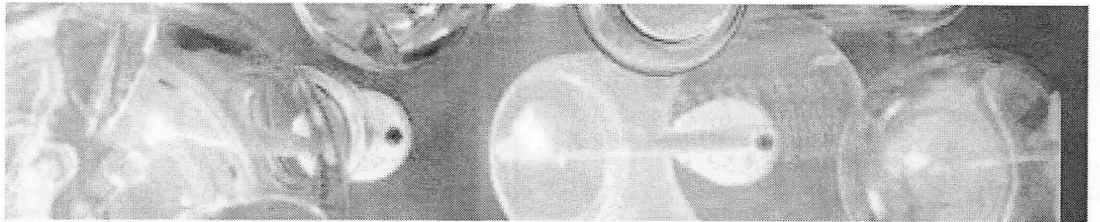
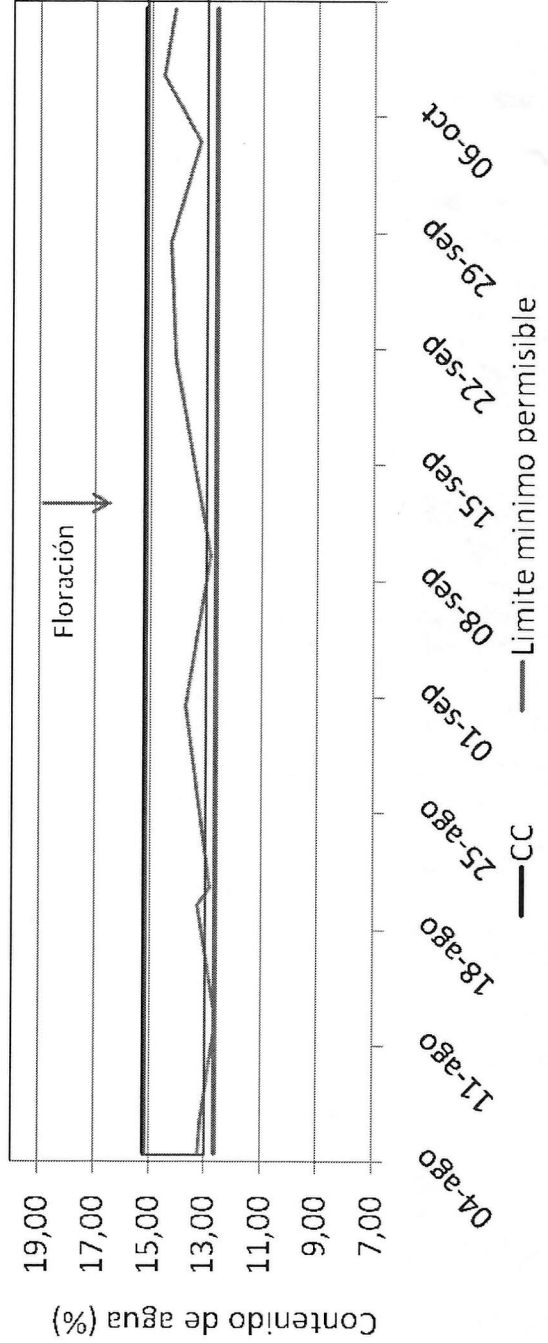
Identificación Cuartel	Cebolla	Tomate	Pag	272
Profundidad muestreo(cm)	20 cm.	20 cm.		
Nº de Laboratorio	121949	121950		
Textura				
Arena (2.00 - 0.05 mm) %	69	69		
Limo (0.05 - 0.002 mm) %	15	21		
Arcilla (< 0.002 mm) %	16	10		
Clase Textural	Fco.Arenosa	Fco.Arenosa		
Densidad aparente (terción) g/cc	1.59	1.56		
Retención de humedad				
0.3 bar (Capacidad de Campo) %	9.7	11.1		
15.0 bar (Pto.Marchitez Permanente) %	5.0	5.5		
Humedad aprovechable (peso) %	4.7	5.5		

Equivalencias. C.Eléctrica: dS/m = mmhos/cm; Nutrientes: mg/kg = ppm; Cat.intercambiables: cmol+/kg = meq/100g



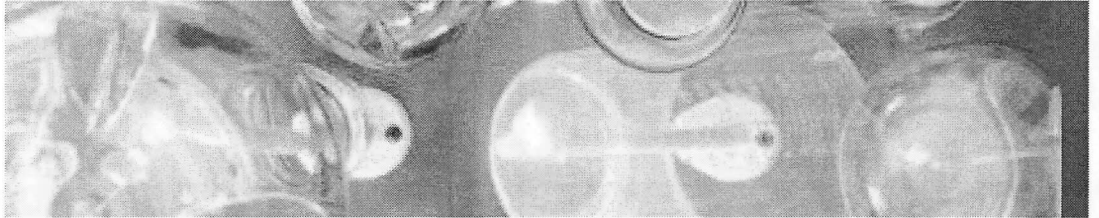
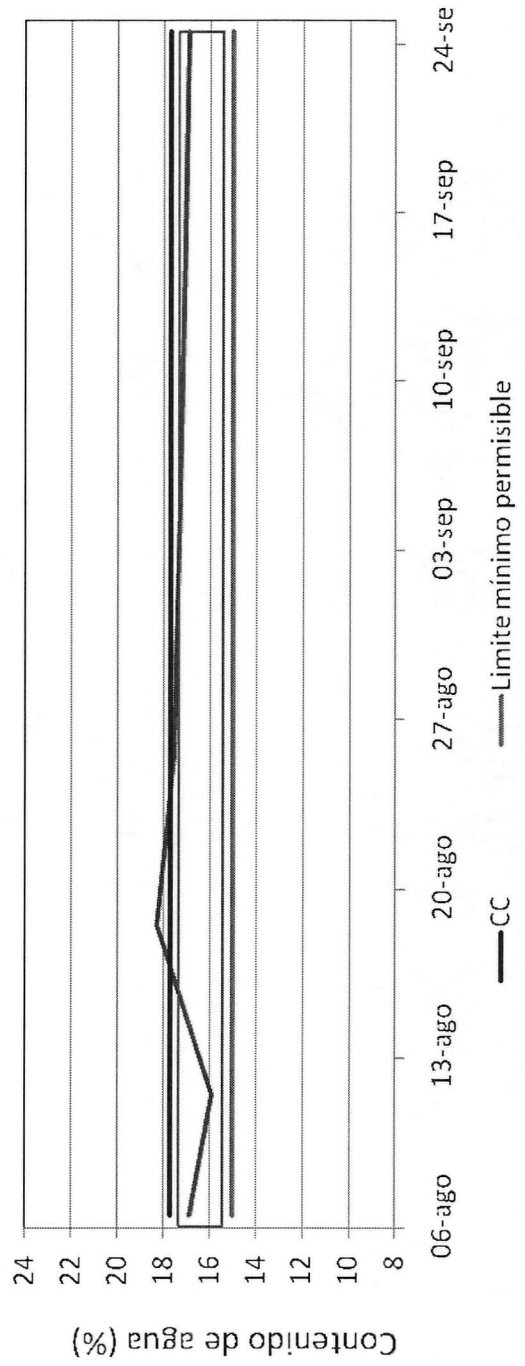
Programación de riego poroto verde

Mes	Etapa	Eto (mm/día)	Kc	Etc (mm/día)	TR (min/día)	TR Aplicado (min/día)
Agosto	Post siembra	3,5	0,2	0,70	7,8	10
	Post emergencia	3,6	0,5	1,80	20,0	20
	Crecimiento	3,80	0,8	3,04	33,8	30
	Crecimiento	3,10	1	3,10	34,4	35
Septiembre	Crecimiento	4,10	1,1	4,51	50,1	50
	Crecimiento	4,50	1,15	5,18	57,5	60
	Boton floral	4,40	1,1	4,84	53,8	50
Octubre	Cuaja	4,70	0,95	4,47	49,6	50
	Llenado de vaina	4,60	0,9	4,14	46,0	45
	Inicio cosecha	4,60	0,7	3,22	35,8	35



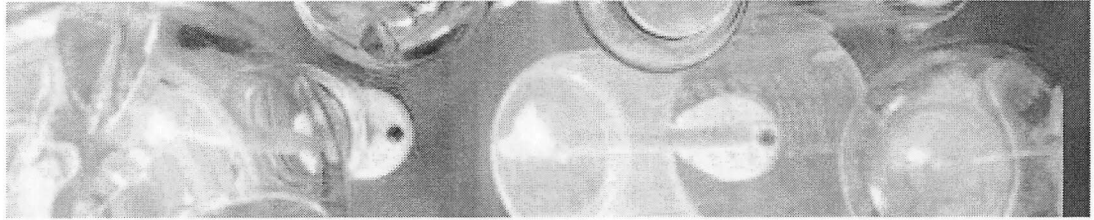
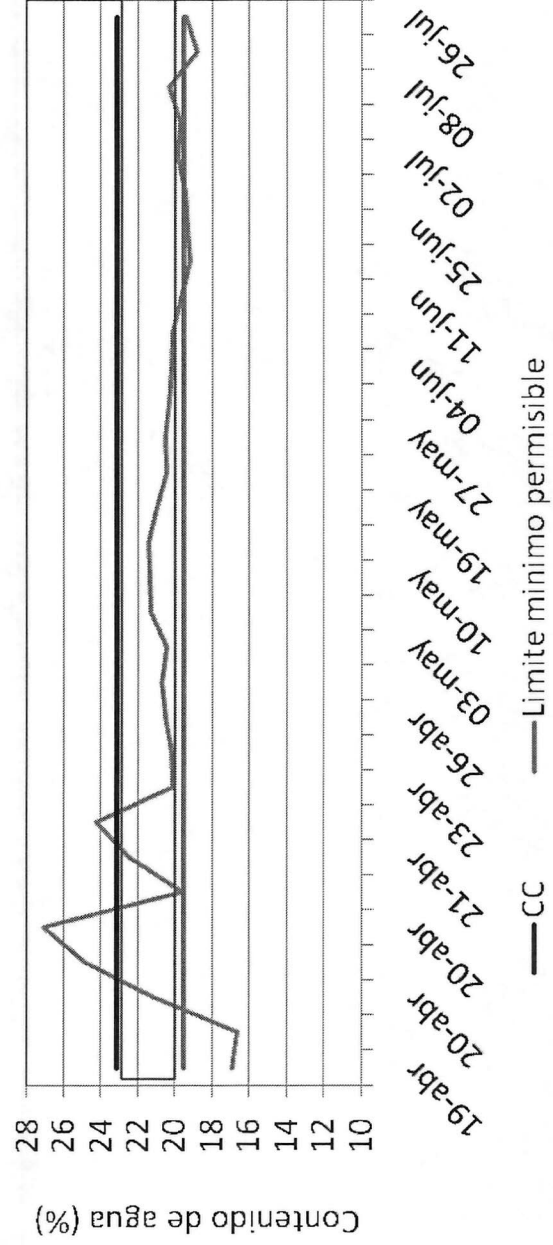
Programación de riego tomate aire libre

% Avance del cultivo	ET ₀ (mm/día)	K _c	E _{tc} (mm/día)	TR (min/día)	TR Aplicado (min/día)
0 a 10	2,84	0,45	1,28	16,0	15
10 a 20	2,8	0,45	1,26	15,8	15
20 a 30	2,93	0,5	1,47	18,3	20
30 a 40	3,22	0,65	2,09	26,2	25
40 a 50	3,48	0,85	2,96	37,0	35
50 a 60	3,82	1	3,82	47,8	50
60 a 70	4,37	1,2	5,24	65,6	65
70 a 80	4,90	0,95	4,66	58,2	60
80 a 90	5,10	0,95	4,85	60,6	60
90 a 100	5,40	0,95	5,13	64,2	60



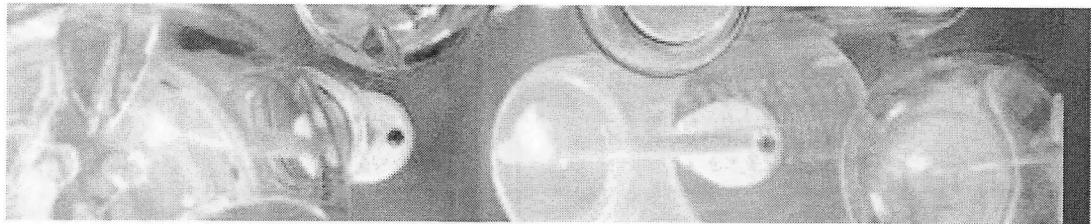
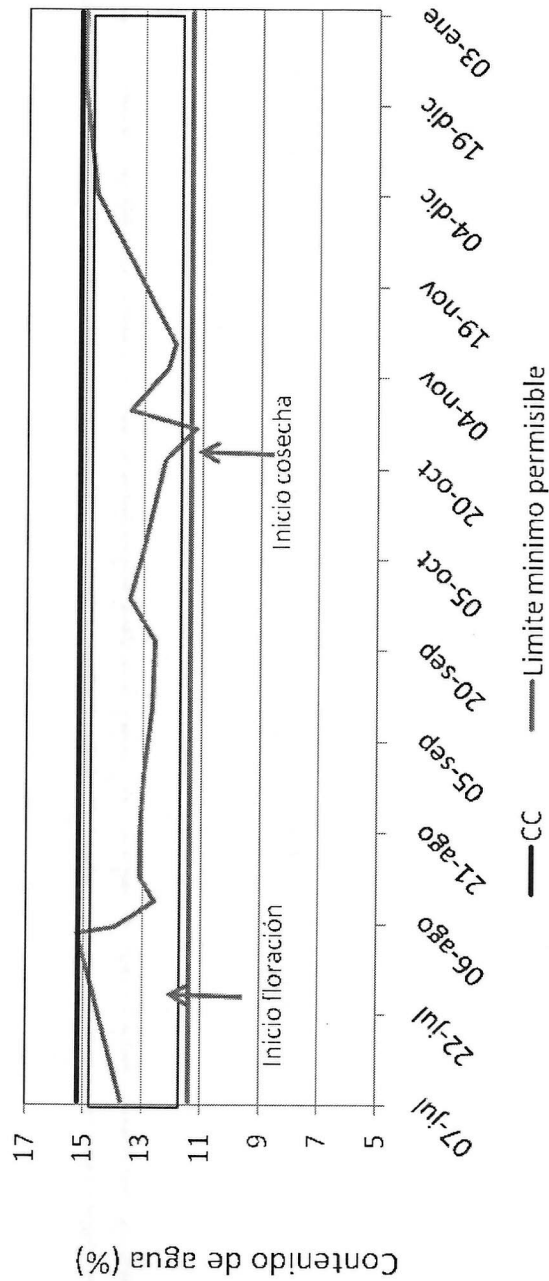
Programación de riego en tomate malla

Mes	ETo (mm/día)	Kc	Etc (mm/día)	Tiempo de riego (min/día)
Abril	1,29	0,45	0,58	15
Mayo	0,98	0,45	0,44	20
Junio	0,74	0,5	0,37	20
Julio	0,67	0,65	0,44	20
Agosto	0,97	0,85	0,82	20
Septiembre	1,08	1	1,08	30
Octubre	1,52	1,2	1,82	45
Noviembre	1,55	0,95	1,47	35

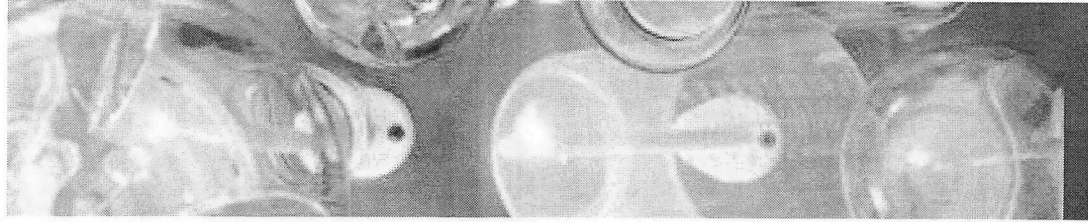


Programación de riego Pimiento

Mes	ETo (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	TR (min/día)	TR Aplicado (min/día)
Junio	0,56	0,4	0,22	5,6	10
Julio	0,88	0,6	0,53	13,2	15
Agosto	1,01	0,9	0,91	22,8	25
Septiembre	1,31	1	1,31	32,7	35
Octubre	1,85	1,1	2,04	50,9	50
Noviembre	2,09	1,2	2,51	62,6	60
Diciembre	2,13	1,2	2,56	63,9	65



Programa de riego en maíz dulce



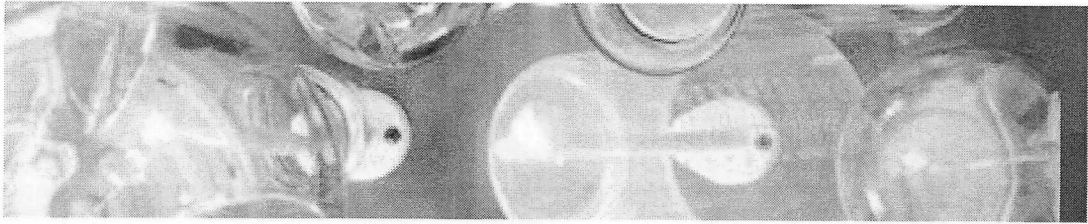
Estado fenológico	ETo (mm/día)	Kc	Etc (mm/día)	TR (min)
V4	5,51	0,30	1,65	11
V5	5,97	0,40	2,39	17
V6	5,53	0,50	2,77	19
V7	5,53	0,60	3,32	23
V8	5,20	0,80	4,16	29
V10	5,04	0,95	4,79	33
V12	4,54	1,00	4,54	31
Aparición de panoja	4,57	1,10	5,03	35
Emergencia estigma	4,04	1,20	4,85	34
Grano acuoso	3,80	1,20	4,56	32
Grano lechoso	3,25	1,10	3,58	25
Grano pastoso	2,99	1,00	2,99	21
Grano dentado	2,77	0,95	2,63	18
Madurez fisiológica	2,77	0,40	1,11	8

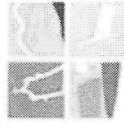
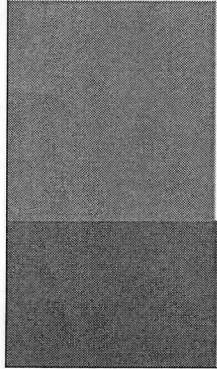
Rendimiento cultivos

Cultivo	Rendimiento promedio nacional	Rendimiento promedio Arica	Rendimiento obtenido
Cebolla	2400 mallas/ha	1500 mallas/ha	2200 mallas/ha
Poroto verde	8,37 ton/ha	9,8 ton/ha	12 ton/ha
Tomate aire libre	40 ton/ha	30 ton/ha	50 ton/ha
Tomate forzado	120 ton/ha	112,86 ton/ha	120 ton/ha
Pimiento forzado	36,96 ton/ha	46,5 ton/ha	90 ton/ha
Maiz dulce	12,9 ton/ha	12,3 ton/ha	12 ton/ha

↑ ↑ ↑ = ↑ =

Fuente: INE, 2010 (Información Hortícola 2008-2009)





ARICA Y PARINACOTA
GOBIERNO REGIONAL

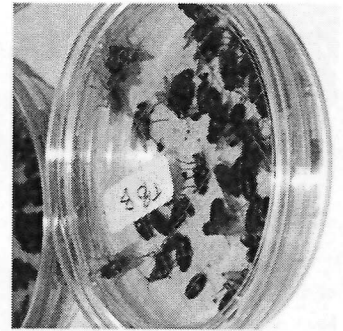
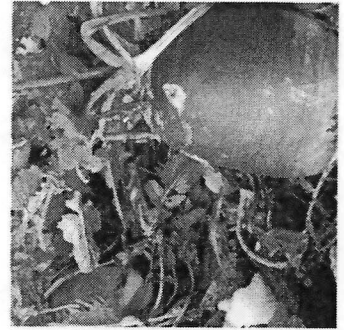
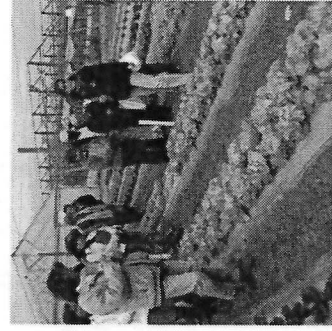
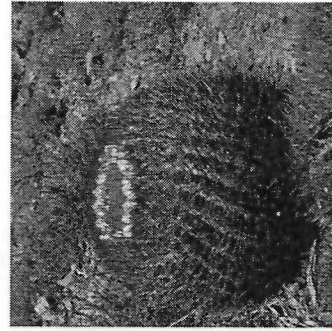


RESULTADOS ENSAYO MAÍZ



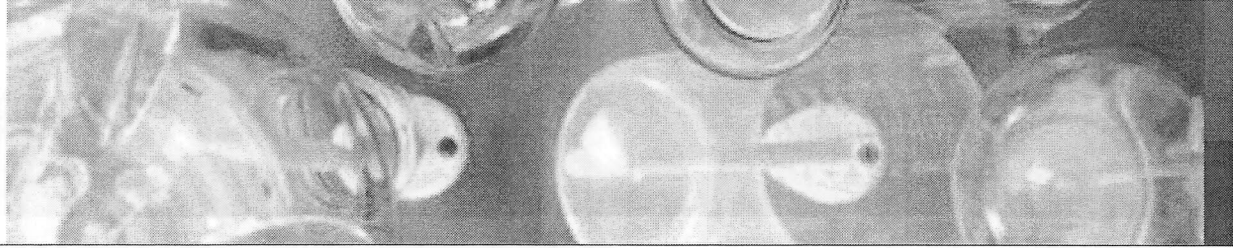
INIA
Ministerio de
Agricultura

Gobierno de Chile



Descripción del ensayo

- Ubicado en km. 8 ½ del valle de Azapa
- Pauta de programación de riego basada en información obtenida de EMA. (Azapa Medio)
- Objetivo: Evaluar el efecto de regímenes hídricos deficitarios y excedentarios, sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento de maíz choclero.
- T0 (Control): Reposición equivalente al 100% de la Etc.
T1 (Déficit): Reposición equivalente al 80% de la Etc.
T2 (Exceso): Reposición equivalente al 120% de la Etc.



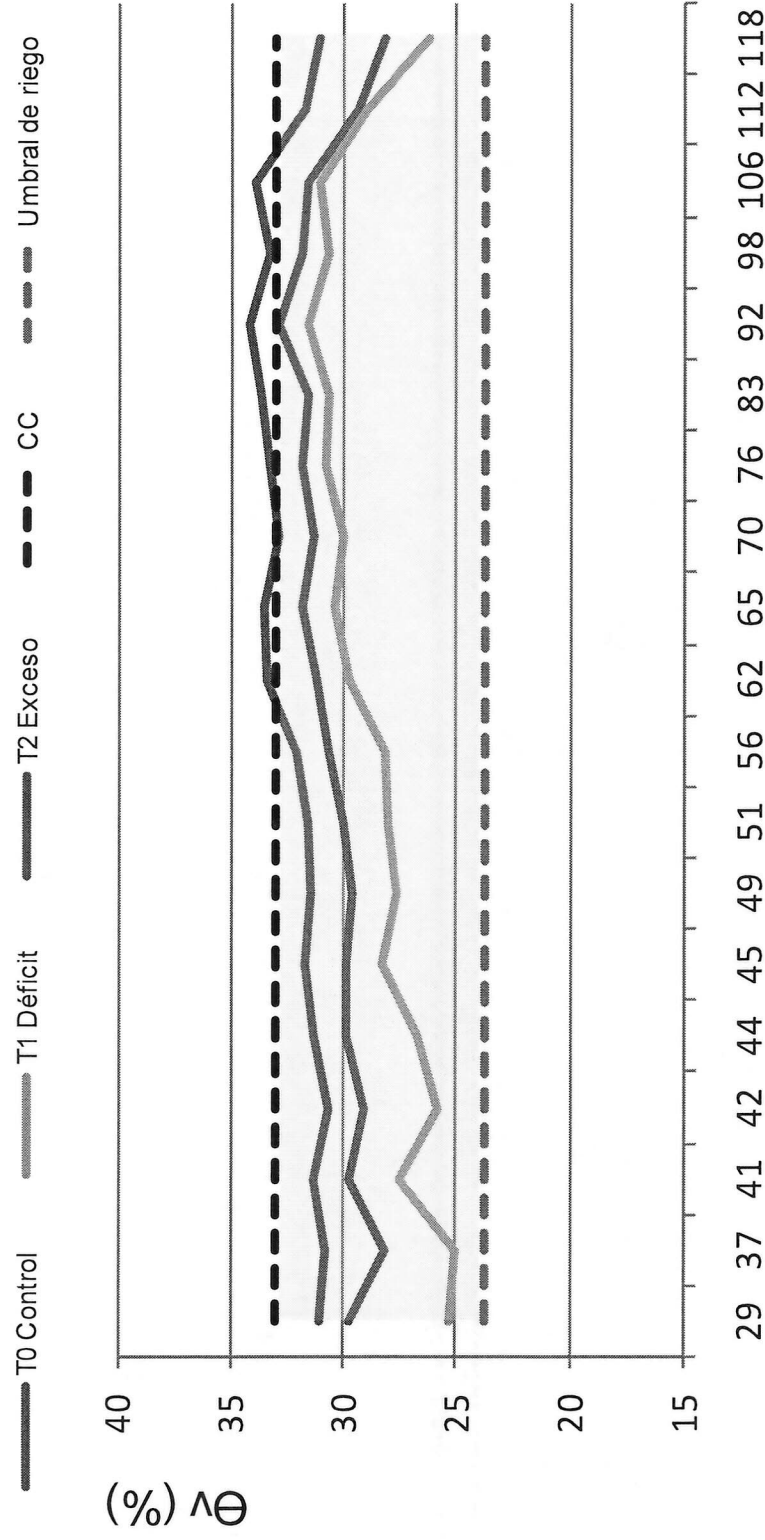
Coeficiente de cultivo

Etapa fenológica		Kc
V4 (4 hojas)		0,4
V6 (6 hojas)		0,6
V8 (8 hojas)		0,8
V10 (10 hojas)		0,95
V12 (12 hojas)		1,0
VT (aparición de panoja)		1,1
R1 (emergencia de estigma)		1,2
R3 (grano lechoso)		1,1
R4 (grano pastoso)		1,0
R5 (grano dentado)		0,8
R6 (madurez fisiológica)		0,4

Fuente: Ojeda-Bustamante et. al. (2006)

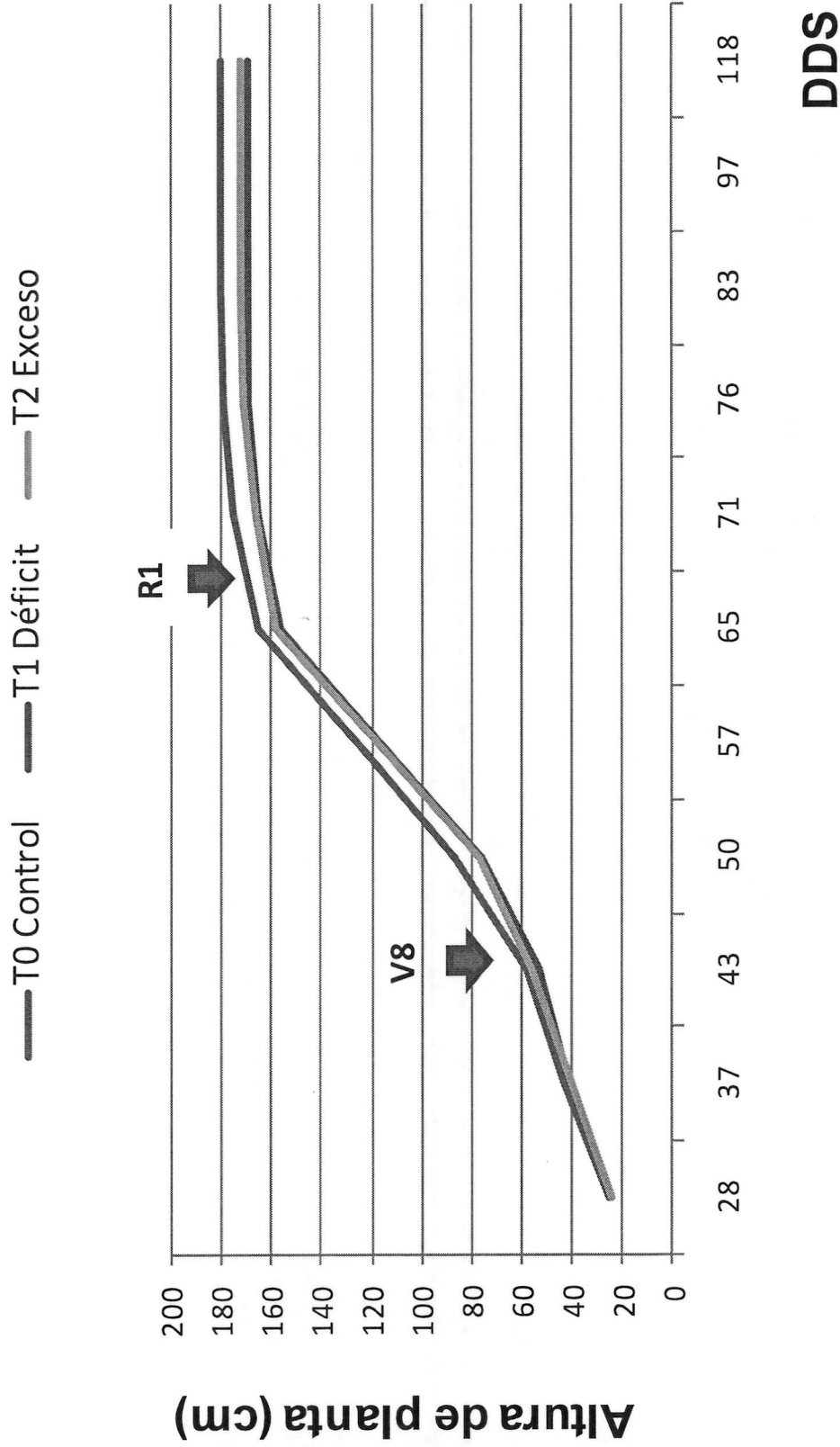
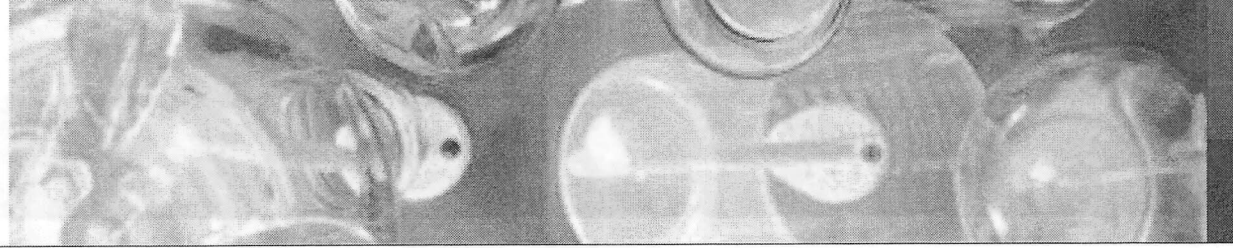


Sonda de capacitancia FDR

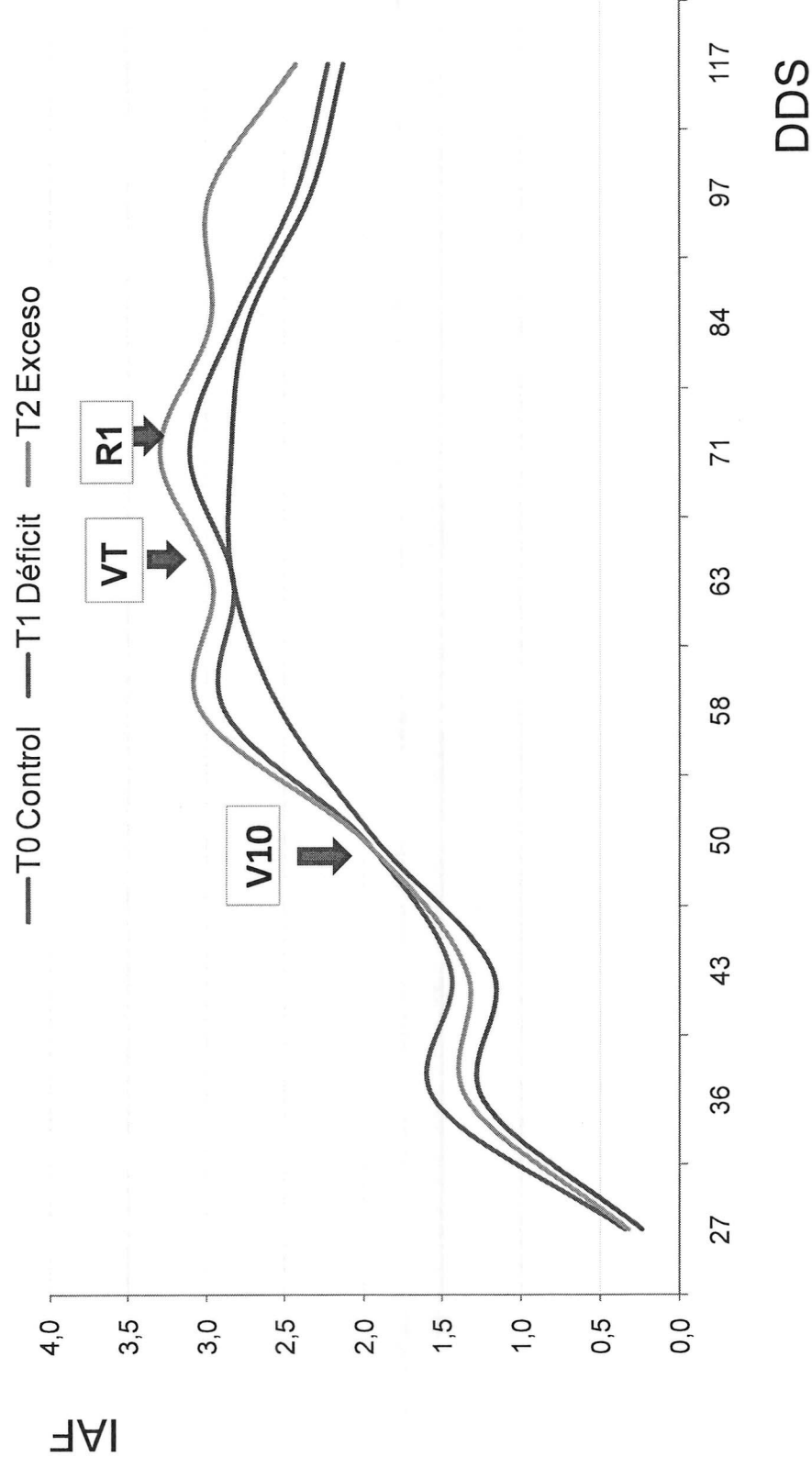
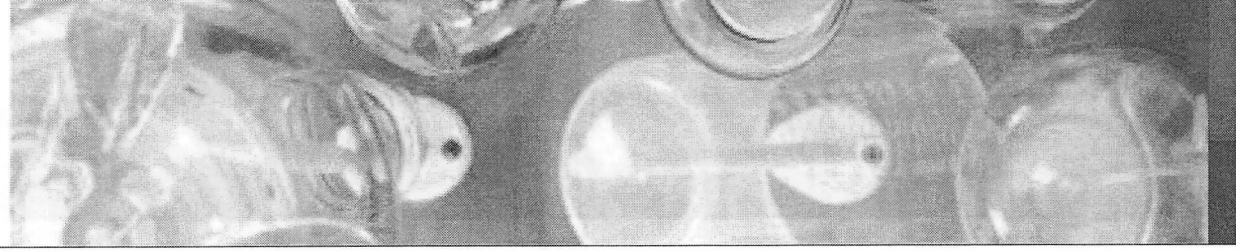


DDS

Altura de planta

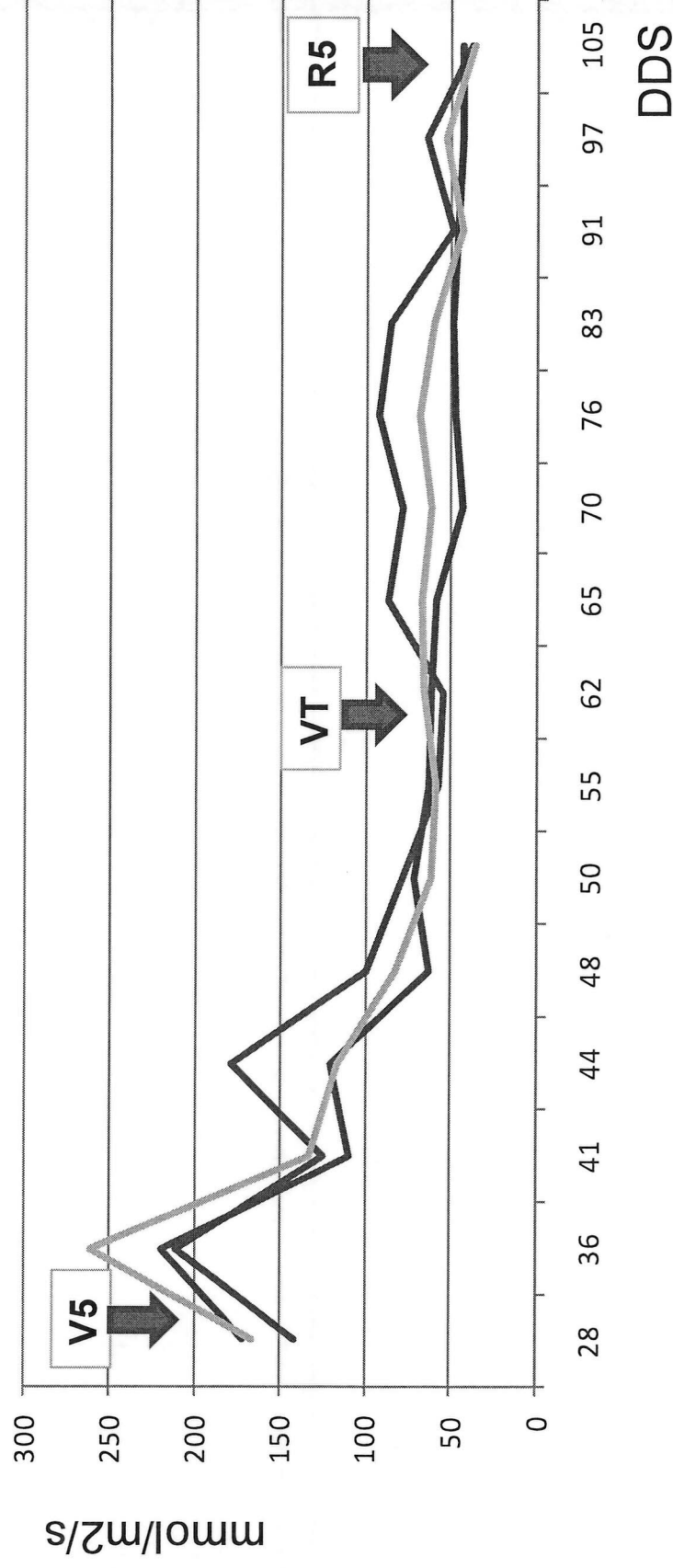


Indice de Area Foliar



Conductancia Estomática

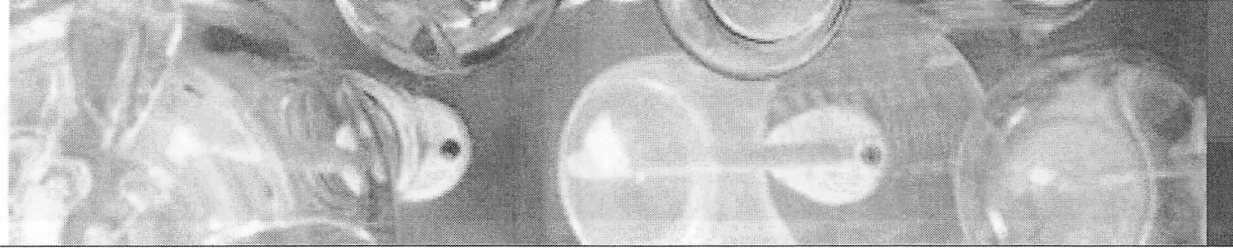
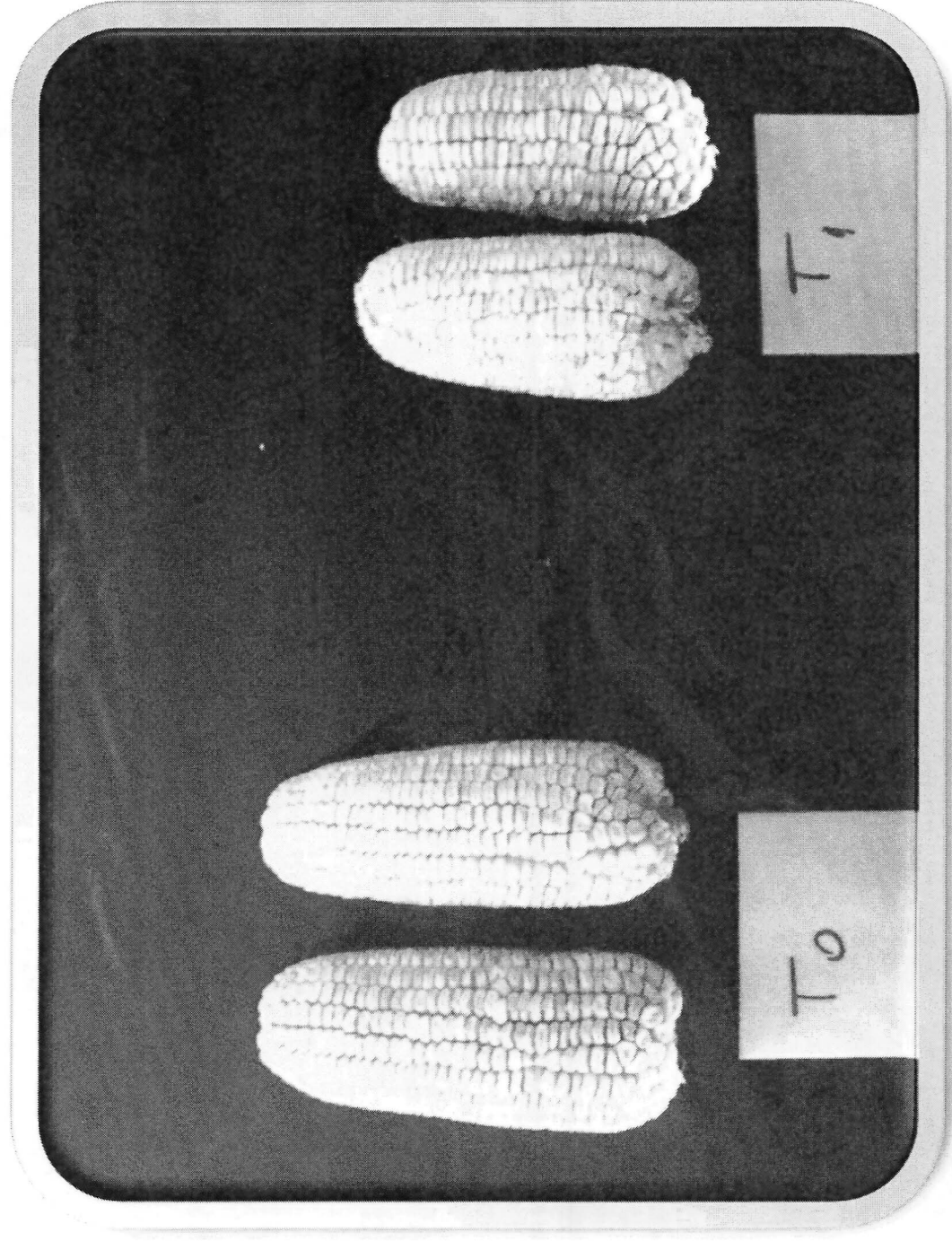
— T0 Control — T1 Déficit — T2 Exceso



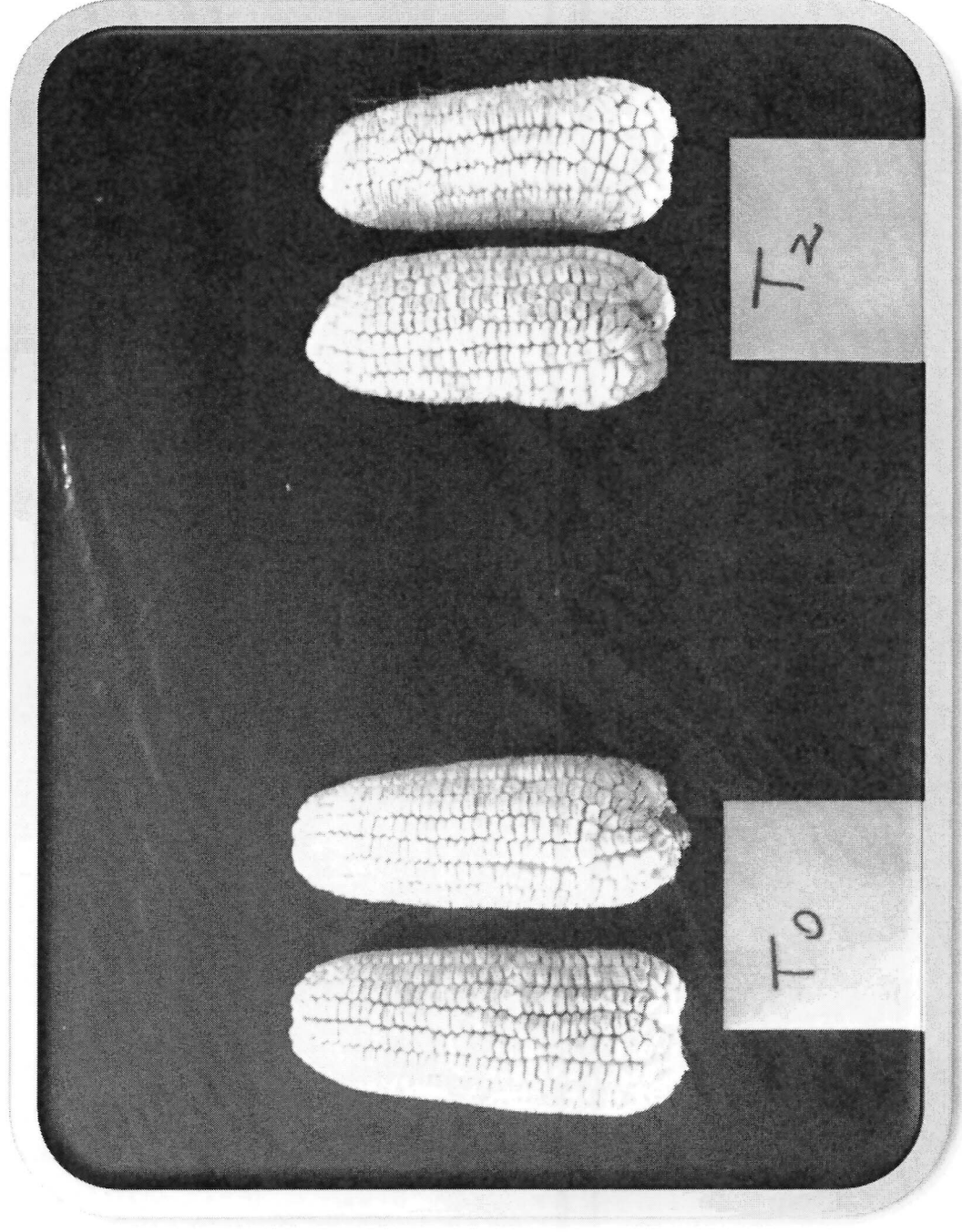
Etapa Fenológica	Agua Aplicada $m^3 ha^{-1}$			Duración (días)	Agua aplicada por día ($m^3 ha^{-1}$)
	T0	T1	T2		
4 hojas- 8 hojas	890	712	1068	29	31
8 hojas - aparición de panoja	1124	899	1348	21	54
aparición de panoja - emergencia de estigma	299	239	358	5	60
emergencia de estigma - grano acuoso	499	399	599	9	55
grano acuoso - grano lechoso	469	375	562	9	52
grano lechoso - grano pastoso	494	395	592	12	41
R4grano lechoso - grano dentado	488	390	585	14	35
grano dentado - madurez fisiológica	290	232	348	14	21
Total	4553	3641	5460	113	
ET_c	100%	80%	120%		



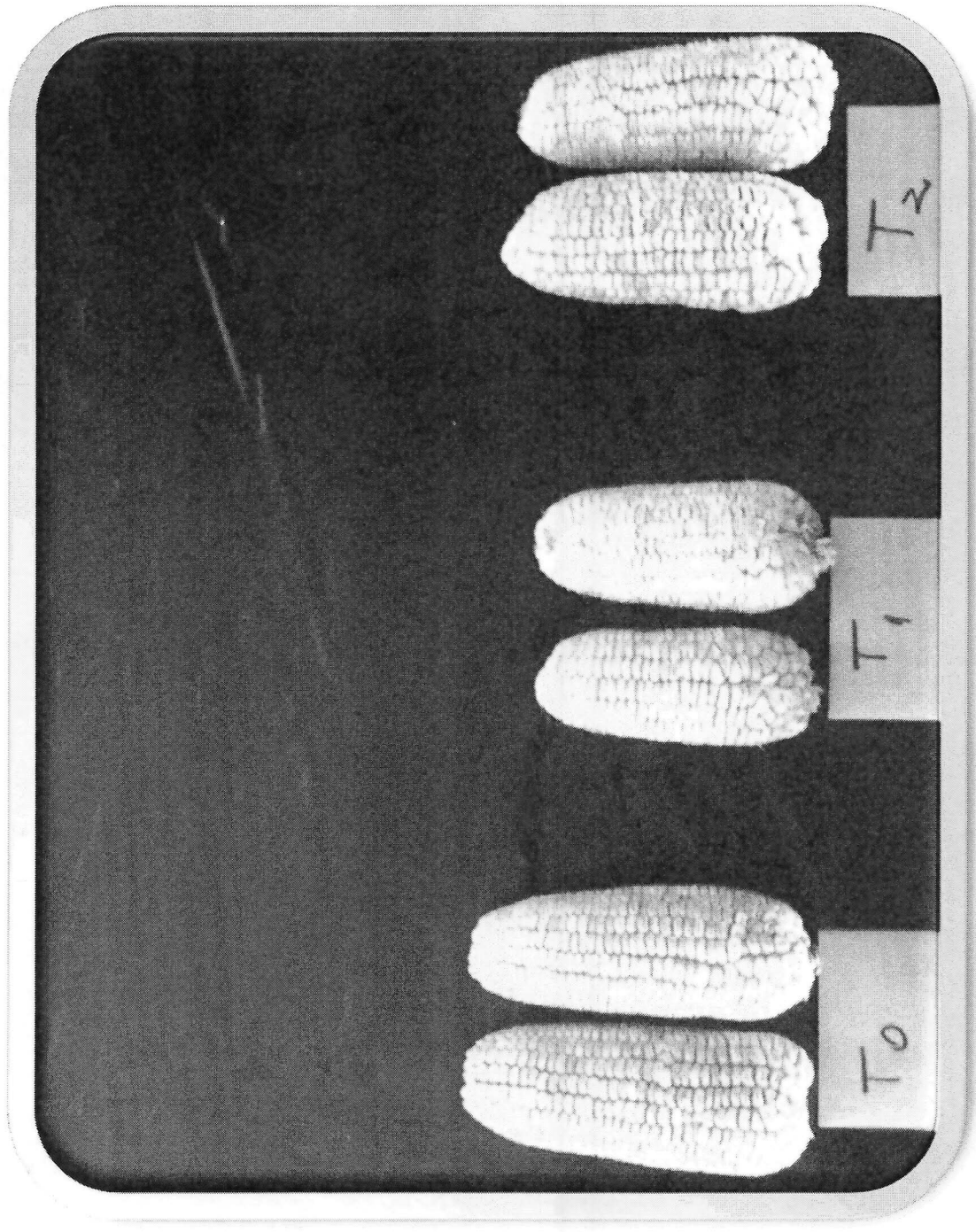
Comparación de mazorcas entre tratamiento

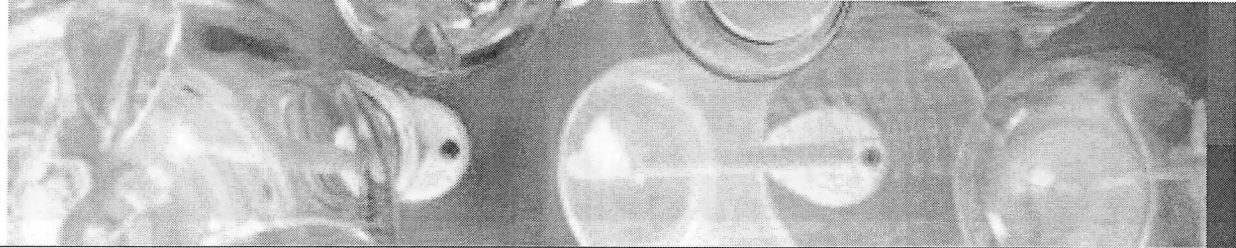


Comparación de mazorcas entre tratamiento



Comparación de mazorcas entre tratamiento



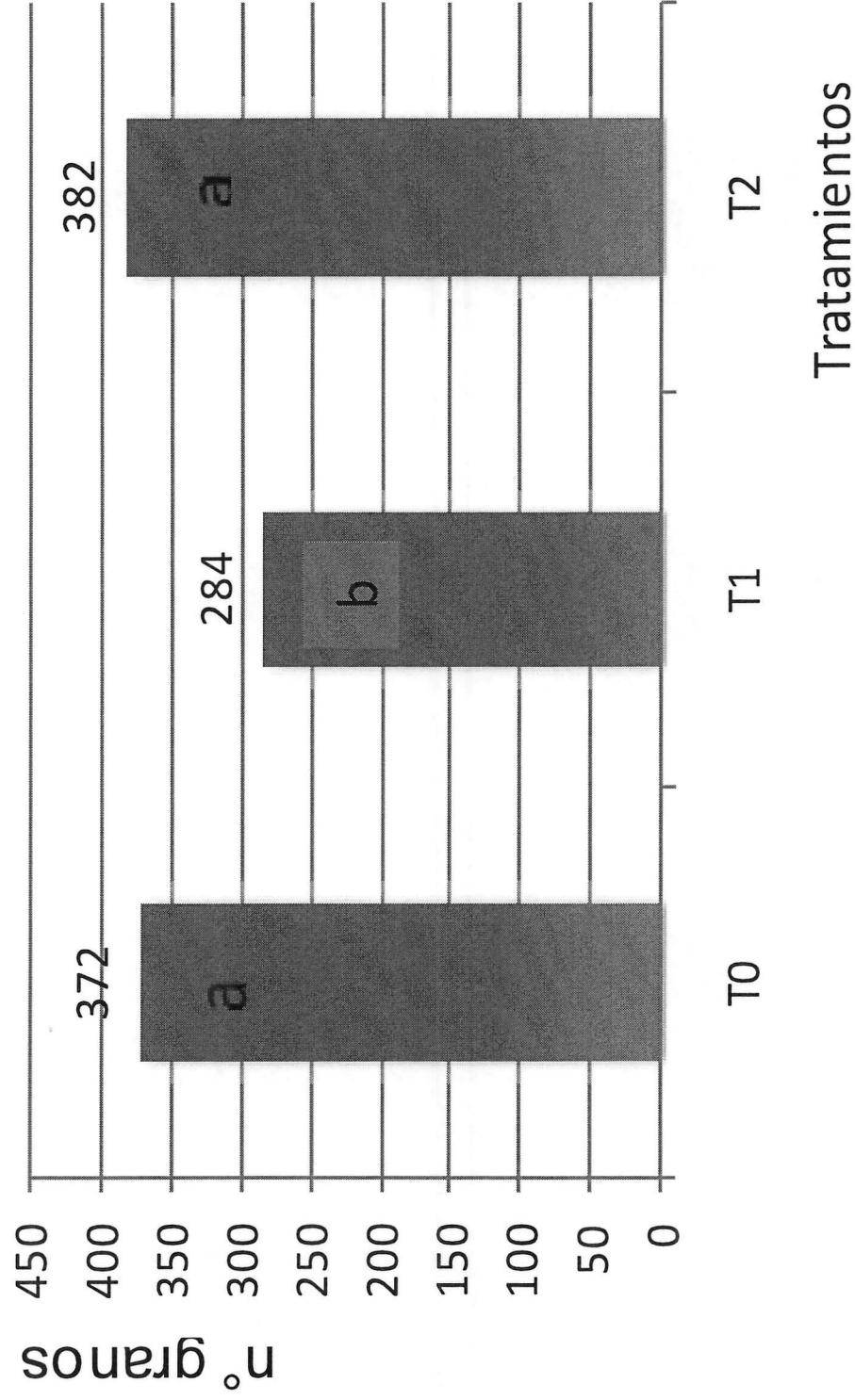


Rendimiento según tratamiento

	Rendimiento (Kg m ⁻²)	Rendimiento (Ton ha ⁻¹)
T0	0,81 a	8,07 a
T1	0,61 b	6,1 b
T2	0,82 a	8,17 a

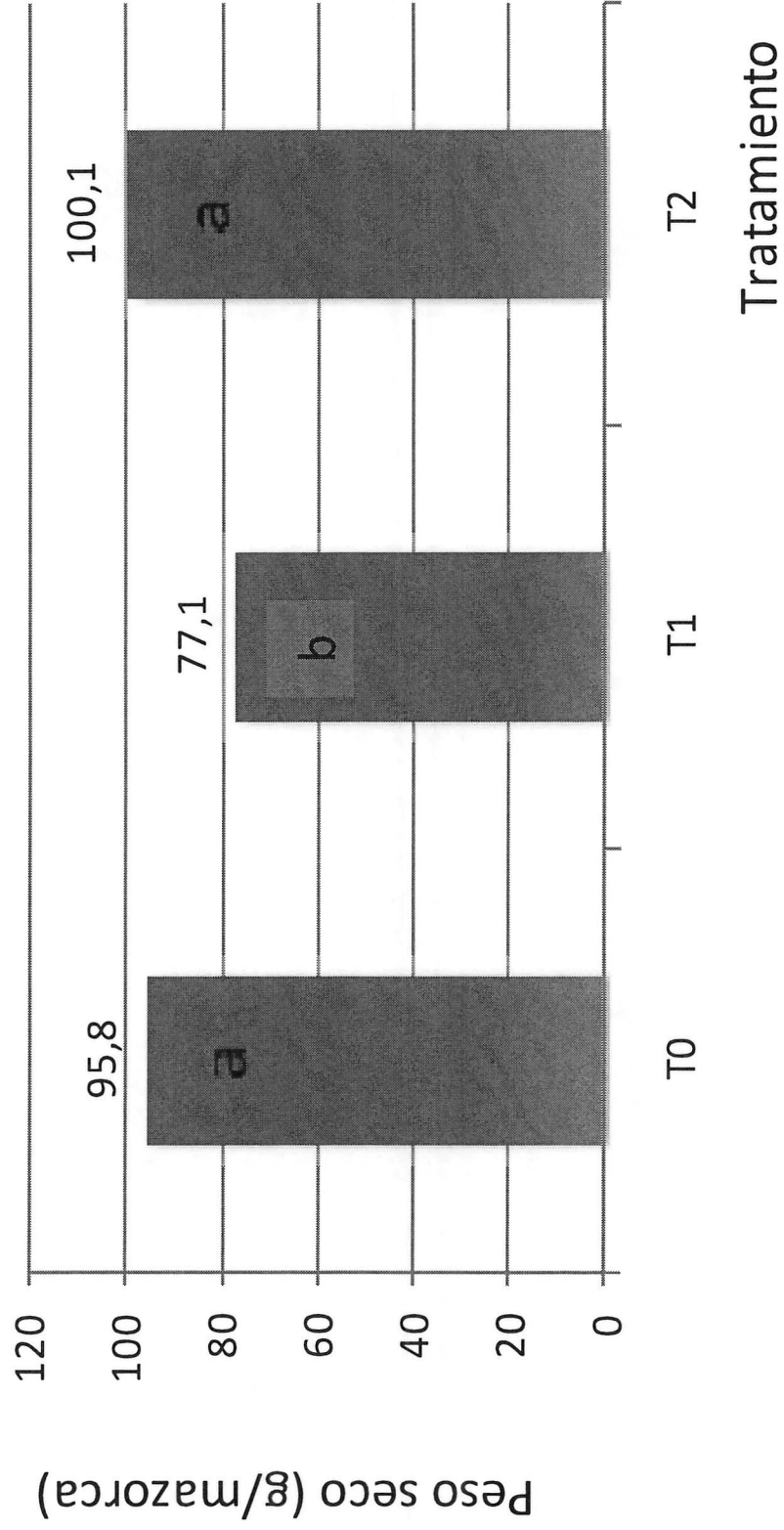


Número de granos por mazorca según tratamiento

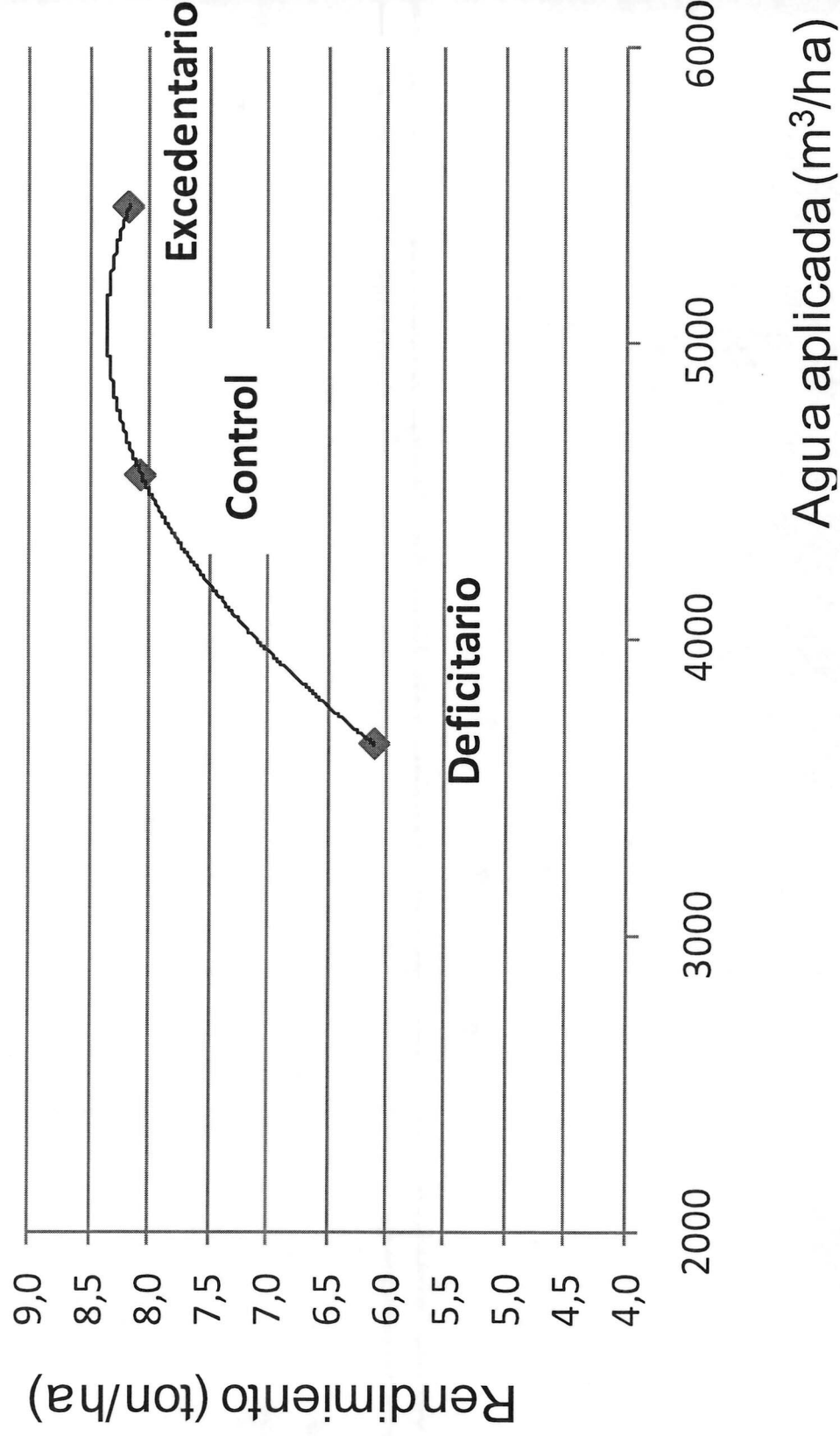




Gramos por mazorca según tratamiento



Rendimiento (ton/ha) según agua aplicada (m³/ha)



Conclusión

- Los coeficientes de cultivo (K_c) seleccionados para el cultivo de maíz, de 0,4 en etapa inicial vegetativa a 1,2 para etapa reproductiva, resultaron adecuados para la zona, ajustando y satisfaciendo la demanda evapotranspirativa del cultivo.

