

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Tipo de proyecto:

Modalidad II

Autor:

Maria Alcaraz Boscà

Tutores:

Félix Francés (UPV)

Maurits W. Ertsen (TUDelft)

Fecha:

Mayo 2007



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

 TU Delft

Contenidos



- Introducción
- Descripción de los modelos
- Estrategia general seguida en el proyecto
- Estudio de la salinidad con WASIM
- Estudio de la salinidad con SALTMOD
- Conclusiones

Introducción



Caso real

Objetivos proyecto



Sistema de riego



Salinidad

Estudiar la evolución de la salinidad en el sistema

Posibilidades de recuperación de los suelos

WASIM

SALTMOD

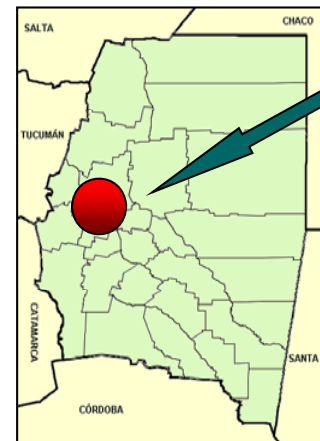
Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Introducción



■ Área de riego del Río Dulce

- Situada en Santiago del Estero, Argentina.
- Zona semiárida con inviernos secos y veranos húmedos.
 - El balance de agua anual es negativo.
- Área total de 350.000 ha.
 - Máxima área irrigable de 120.000 ha.
- Campos regados/Campos no regados.
- Zonificación en cinco áreas distintas.
- Los principales cultivos son el de algodón, soja, maíz y cebolla.



Estrategias para luchar contra la
salinización en el sistema de riego de
Santiago del Estero, Argentina

Introducción



■ Problemas con la salinidad

- Problema habitual en sistemas de riego situados en áreas áridas o semiáridas.
- Campos no regados: salinización por exfiltración debido al ascenso del nivel freático.
- Máximo nivel admisible de sales: 4 ds/m (ECe)

	N	SALINIDAD (dS/m)	
		CAMPOS REGADOS	CAMPOS NO REGADOS
ZONA 1	8	1.6	7.7
ZONA 3	5	1	16.7
ZONA 4	8	1	25.9

N: número de muestras realizadas por zona

Salinidad medida como: conductividad eléctrica de un extracto de pasta de suelo saturada

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Contenidos



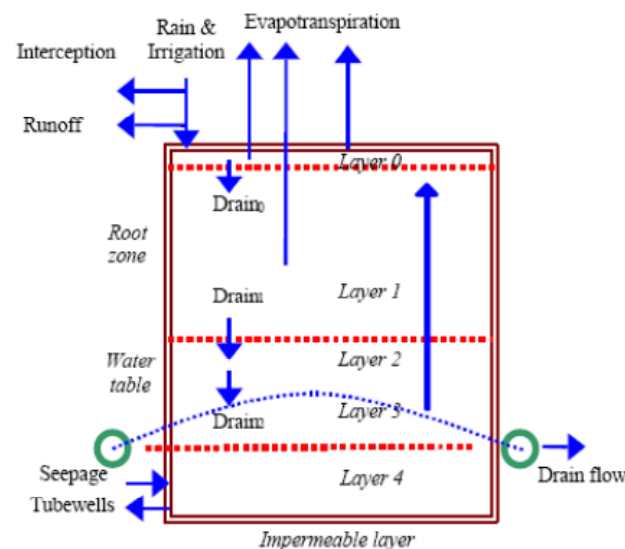
- Introducción
- Descripción de los modelos
- Estrategia general seguida en el proyecto
- Estudio de la salinidad con WASIM
- Estudio de la salinidad con SALTMOD
- Conclusiones



Descripción de los modelos

■ WaSim: Water Simulation model (Hess et al, 2000)

- Desarrollado por el instituto Wallingford y la Universidad de Cranfield.
- El modelo realiza un balance de agua en el suelo, unidimensional y diario: incremento de tiempo diario.
- El suelo se divide en cinco capas distintas.
- Calcula la salinidad en cada una de las capas. Se necesitan datos de salinidad inicial.
- Distingue entre tierra cultivada, mantillo y suelo sin vegetación.

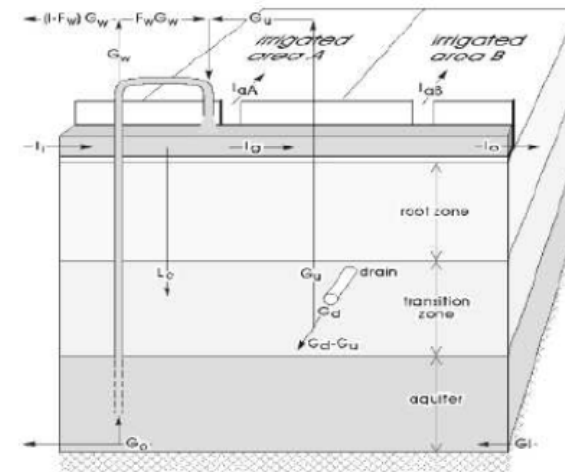


Descripción de los modelos



■ SALTMOD

- Desarrollado en el ILRI (International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen).
- Cálculo y predicción de la salinidad en el suelo, agua subterránea y drenada .
- El suelo se divide en cuatro capas distintas.
- Balance de agua estacional en cada capa: incremento de tiempo mensual.
- Permite simular hasta 3 tipos de campos distintos: regados y no regados.



Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Contenidos



- Introducción
- Descripción de los modelos
- Estrategia general seguida en el proyecto
- Estudio de la salinidad con WASIM
- Estudio de la salinidad con SALTMOD
- Conclusiones

Estrategia general seguida en el proyecto

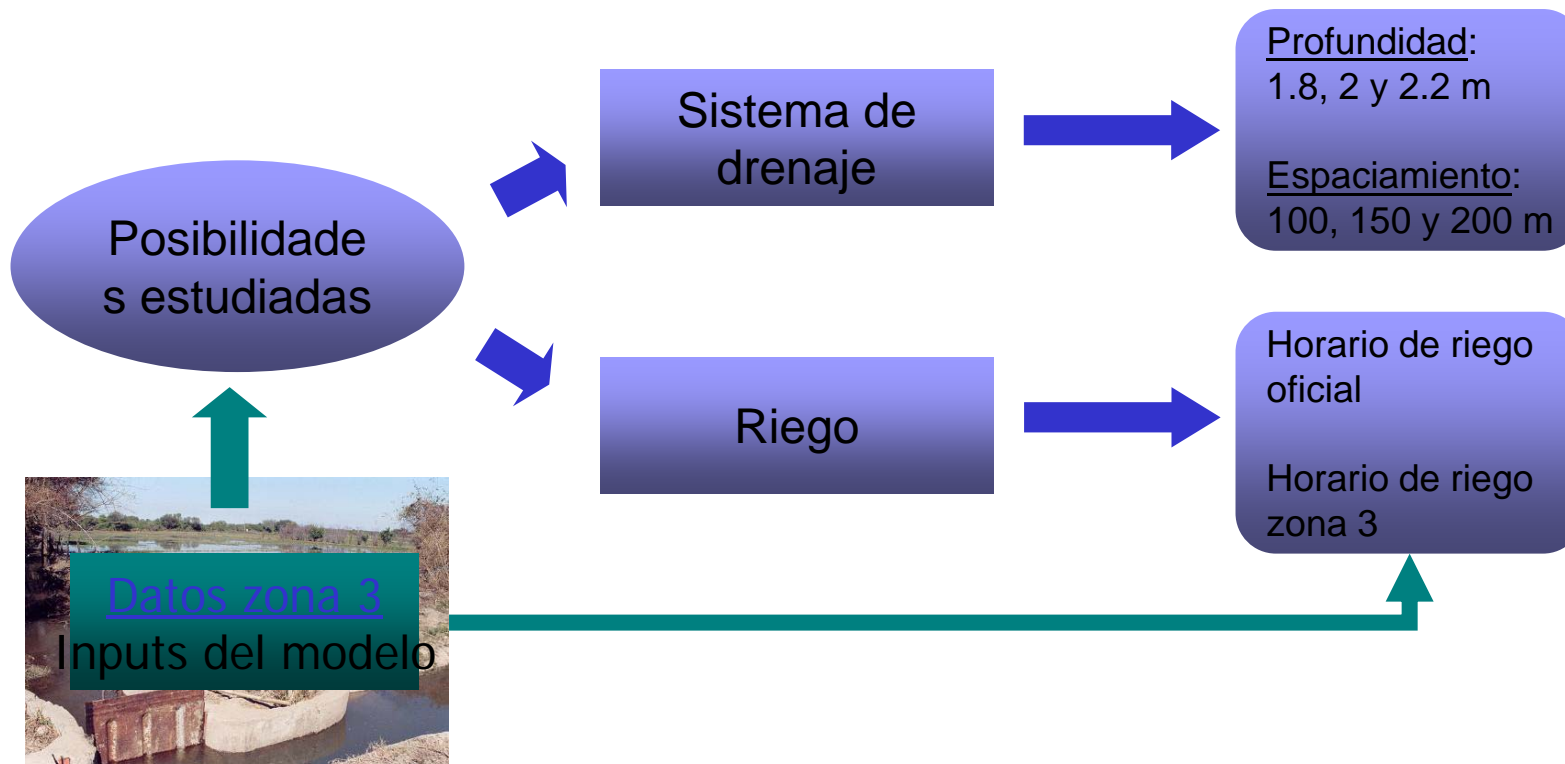


Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estrategia general seguida en el proyecto



- Posibilidades de recuperación de los suelos



Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estrategia general seguida en el proyecto



■ Posibilidades de recuperación de los suelos

Salinidad

SALINIDAD (dS/m)			
ZONA 3	N	CAMPOS REGADOS	CAMPOS NO REGADOS
		8	1

Salinidad medida como: conductividad eléctrica de un extracto de pasta de suelo saturada

EC (dS/m 25 C)	AGUA DE RIEGO	AGUA FREÁTICA
	0.8	9.4

Riego

	Nº de turnos	Total riego (m)
Horario oficial	11 turnos a 0.081m/turno	0.9
Zona 3	7 turnos a 0.13 m/turno	0.908

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Contenidos

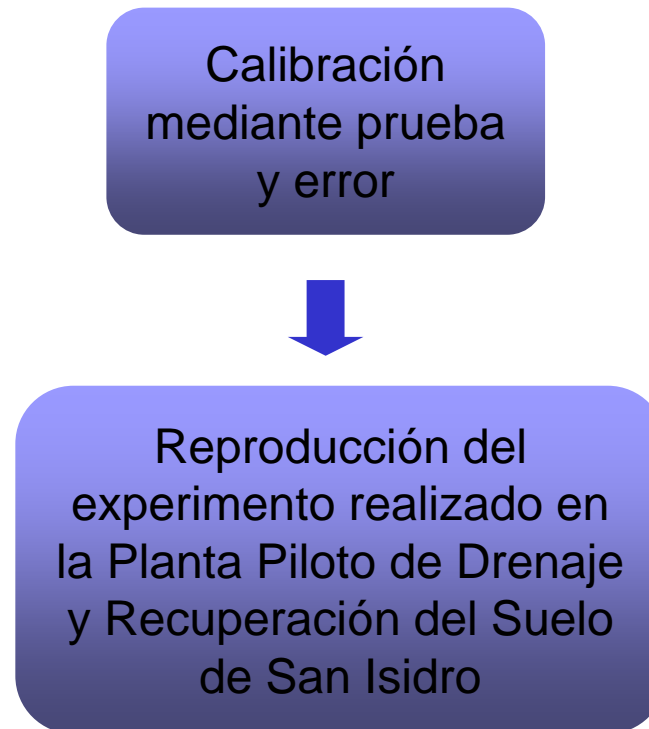


- Introducción
- Descripción de los modelos
- Estrategia general seguida en el proyecto
- Estudio de la salinidad con WASIM
- Estudio de la salinidad con SALTMOD
- Conclusiones

Estudio de la salinidad con WASIM



- Calibración del modelo



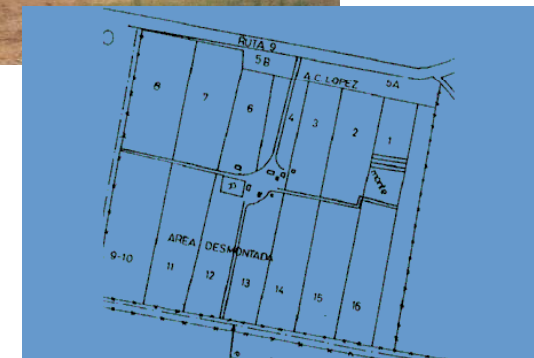
Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con WASIM



■ Experiencia de recuperación de suelos

- Área Piloto de Drenaje y Recuperación de Suelos de San Isidro del INTA-EEASE.
- Campo n° 6 (2,25 ha).
- Drenaje artificial: dos drenes separados 150 m y a 1,9 m de profundidad.
- Se aplicaron 6 riegos de 150 mm, con una frecuencia de 17 días.
- Ejecución durante la estación seca.
- La salinidad se midió a lo largo del campo y a distintas profundidades.



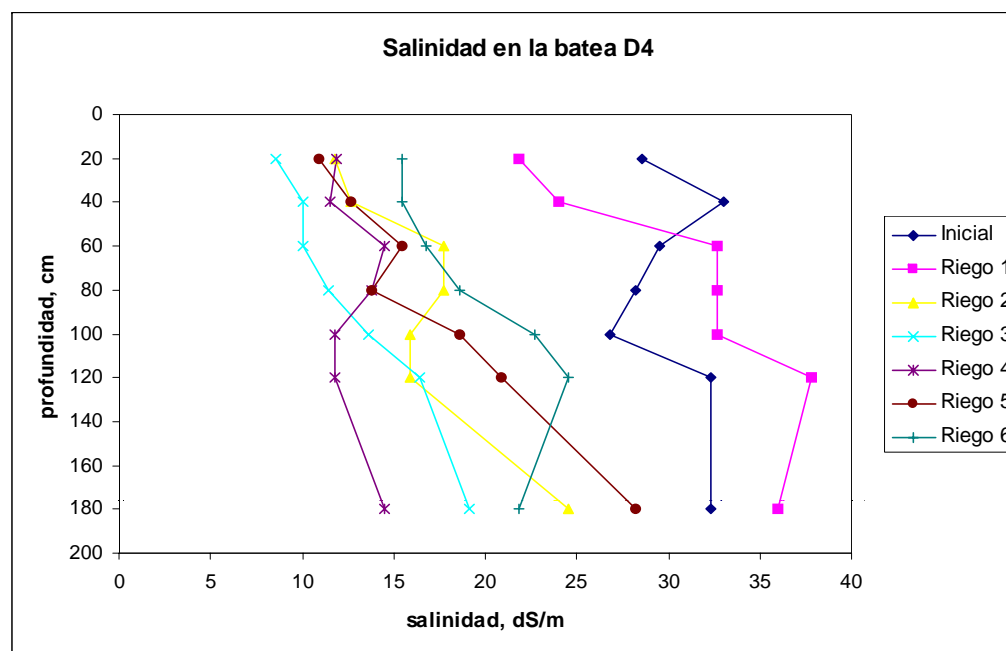
Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina



Estudio de la salinidad con WASIM

■ Experiencia de recuperación de suelos

- La recuperación de los suelos fue efectiva gracias a los riegos.
- **Desde el 4º riego se produjo resalinización en el centro de la parcela debido al ascenso del nivel freático.**



Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con WASIM



■ Calibración del modelo

Parámetros e inputs a calibrar mediante prueba y error

Inputs del modelo
Datos climáticos y de riego
ETP
Frecuencias de riego
Salinidad inicial y humedad del suelo
Salinidad del agua de riego (ds/m)
Salinidad inicial en la columna de suelo (ds/m)
Humedad inicial en la columna de suelo (ds/m)
Profundidad inicial del nivel freático (m)

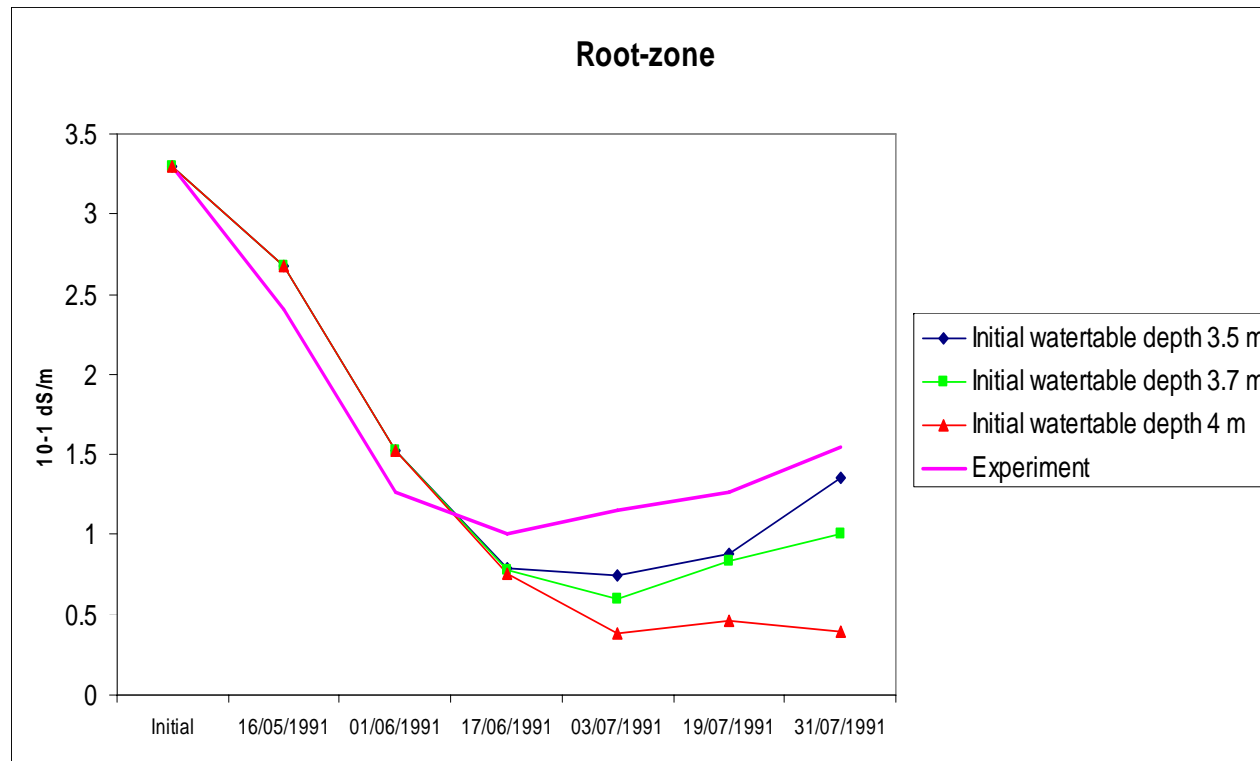
Parámetros
Suelo
Tipo de suelo
Saturación (%)
Capacidad de campo (%)
Humedad residual (%)
Conductividad hidráulica saturada (m/día)
Número de curva (SCS)
Eficiencia de lixiviación (%)
Cultivos
Tipo de cultivo
Profundidad de raíces (m)
Superficie cubierta por el cultivo (%)
Porcentaje de agua que es fácilmente disponible (%)
Drenaje
Constante de drenaje, t

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con WASIM



- Calibración del modelo
 - Nivel freático inicial



Estrategias para luchar contra la
salinización en el sistema de riego de
Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con WASIM



- Calibración del modelo
 - Resultados

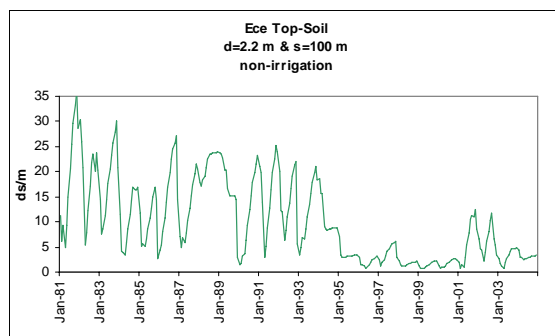
- Eficiencia de lixiviación → 70%
- Ksat → 0.2 m/day
- Nivel freático inicial → 3.7 m
- p → 0

Estudio de la salinidad con WASIM

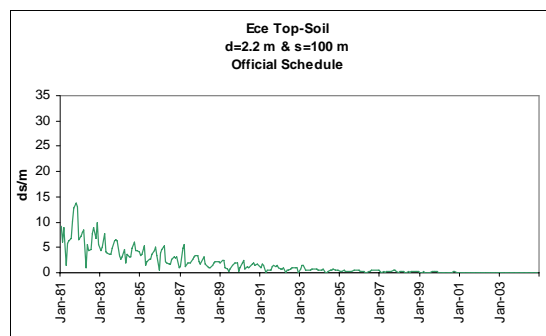


■ Posibilidades de recuperación de los suelos

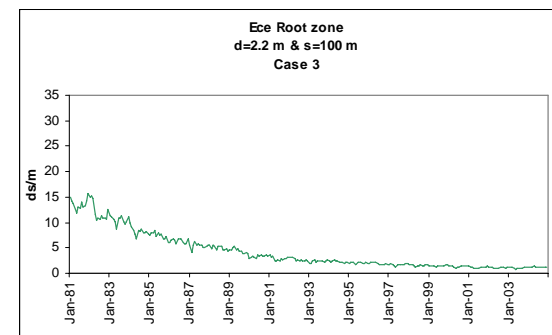
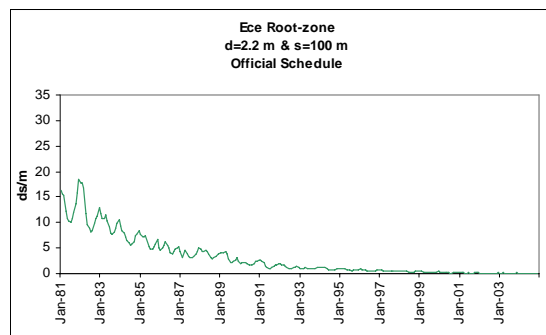
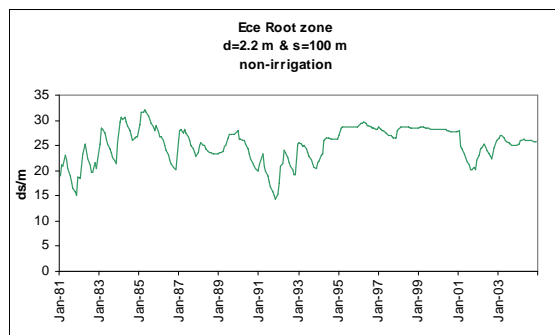
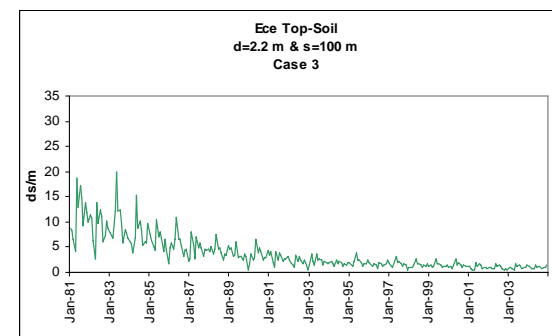
Drenaje sin riego



Drenaje + H. oficial



Drenaje + H. Zona3



Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con WASIM



- Posibilidades de recuperación de los suelos

	Dc = 2.2 m			Dc = 2 m			Dc = 1.8 m		
	s=100 m	s=150 m	s=200m	s=100 m	s=150 m	s=200 m	s=100 m	s=150 m	s=200 m
Drenaje sin riego	25.8	25.9	26.1	25.4	25.4	25.4	25.1	25.1	25.1
Drenaje + riego Z3	1.2	2.1	4.5	1.8	3.5	6.5	3.6	6.1	9.4
Drenaje + r. Oficial	0	0.6	2.2	0.3	1.2	3.2	0.7	2	4.4

Salinidad (ECe) después de 20 años de simulación para el Caso 3

	Dc = 2.2 m			Dc = 2 m			Dc = 1.8 m		
	s=100 m	s=150 m	s=200 m	s=100 m	s=150 m	s=200 m	s=100 m	s=150 m	s=200 m
Drenaje + riego Z3	8	14	-	11	20	-	20	-	-
Drenaje + r. Oficial	5	9	12	8	9	15	10	17	-

Tiempo en años que el sistema necesita para alcanzar valores salinos aptos para el uso agrícola

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Contenidos

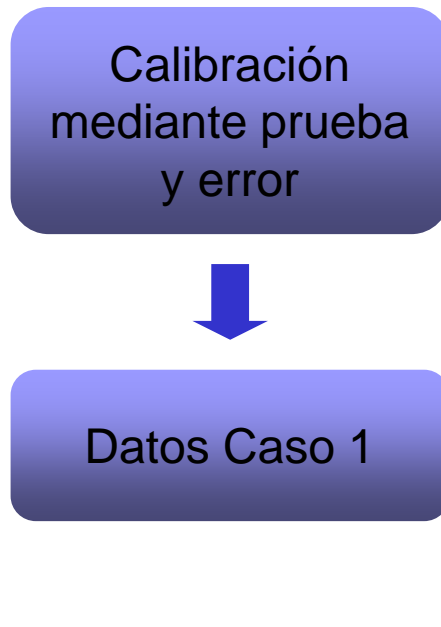


- Introducción
- Descripción de los modelos
- Estrategia general seguida en el proyecto
- Estudio de la salinidad con WASIM
- Estudio de la salinidad con SALTMOD
- Conclusiones

Estudio de la salinidad con SALTMOD



■ Calibración del modelo



- Se simularán 2 campos: con riego/sin riego.
- Salinidad inicial baja
- Objetivo: alcanzar los valores de salinidad medidos en el caso 1

Estudio de la salinidad con SALTMOD



- Calibración del modelo: datos Caso 1

Salinidad

SALINIDAD (dS/m)			
ZONA 1	N	CAMPOS REGADOS	CAMPOS NO REGADOS
	8	3.2	15.4

Salinidad: EC de la humedad del suelo cuando está saturada bajo condiciones de campo

EC (dS/m 25 C)	AGUA DE RIEGO	AGUA FREÁTICA
	0.8	9.4

Riego

	Estación 1 (m)	Estación 2 (m)	Total riego (m)
Horario oficial	0.409	0.491	0.9
Zona 1	0.195	0.391	0.586

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con SALTMOD



- Calibración del modelo: inputs y parámetros.

Parámetros
Propiedades del suelo
Porcentaje de agua de riego o de lluvia almacenada en la zona capilar
Porosidad total zona capilar
Porosidad total zona de transición
Porosidad total acuífero (supuesto)
Profundidad crítica para permitir la capilaridad
Eficiencia de lixiviación zona capilar
Eficiencia de lixiviación zona de transición
Eficiencia de lixiviación acuífero
Drenaje y parámetros del sistema
Espesor de la zona capilar (m)
Espesor del acuífero (m)
Espesor de la zona de transición (m)

Inputs
Componentes del balance de aguas
Riego en la estación i
Precipitación en la estación i
Evapotranspiración en la estación i
Agua subterránea que se incorpora en el acuífero durante la estación i (supuesto)
Agua subterránea que sale del acuífero durante la estación i
Escurrentía superficial
Condiciones iniciales y de contorno
Nivel freático inicial al comienzo de la estación (m)
Salinidad inicial del suelo en la zona capilar en saturación (dS/m)
Salinidad inicial del suelo en la zona de transición en saturación (dS/m)
Salinidad media del agua entrante en el acuífero (dS/m)
Salinidad media del agua saliente en el acuífero (dS/m)

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con SALTMOD



- Calibración del modelo:
 - Profundidad crítica, D_c
 - y caudal saliente del acuífero, G_o

	Nivel freático (m)			Salinidad campo regado (dS/m)			Salinidad campo no regado (dS/m)		
	$G_o=0$ m/s	$G_o=0.05$ m/s	$G_o=0.1$ m/s	$G_o=0$ m/s	$G_o=0.05$ m/s	$G_o=0.1$ m/s	$G_o=0$ m/s	$G_o=0.05$ m/s	$G_o=0.1$ m/s
dc=2.2	-1.59	-1.77	-1.95	3.3	2.45	1.98	80.9	18.3	1.75
dc=2.3	-1.65	-1.85	-2.04	3.3	2.45	1.98	81	18.4	1.75
dc=2.4	-1.72	-1.92	-2.12	3.31	2.45	1.99	81.1	18.2	1.76
dc=2.5	-1.79	-2	-2.21	3.31	2.45	1.99	81.2	18	1.78

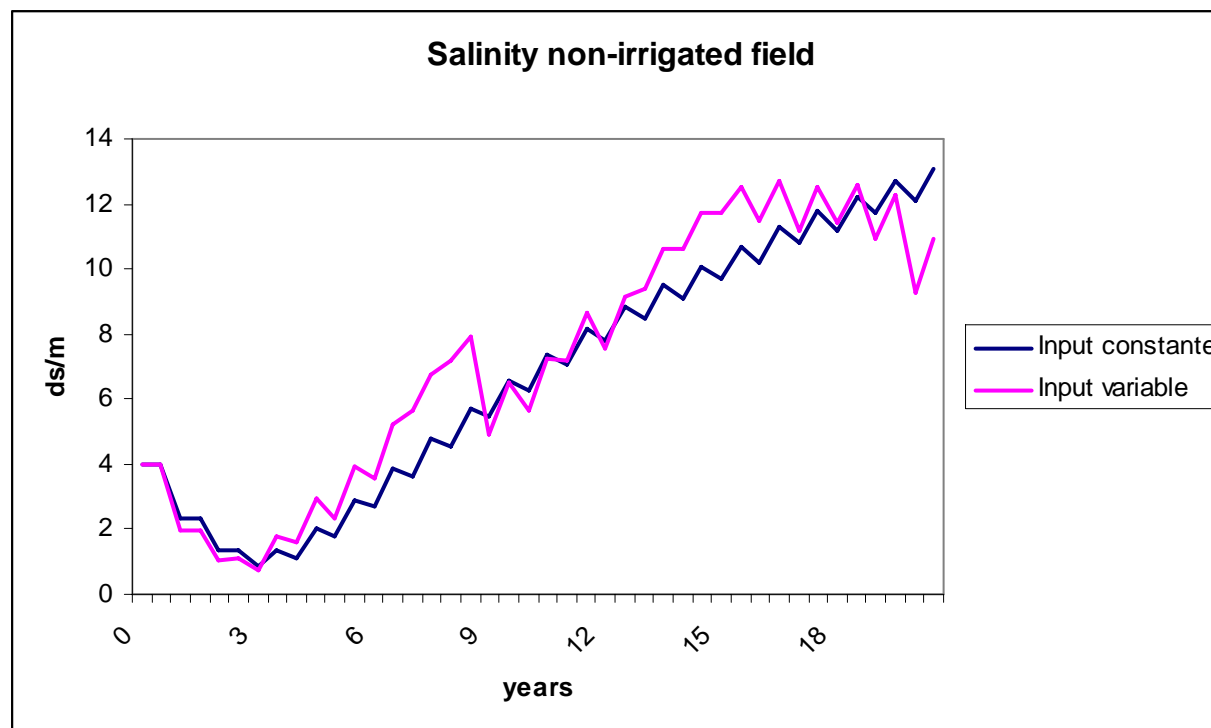
Valores alcanzados tras 20 años de simulación

Estrategias para luchar contra la
salinización en el sistema de riego de
Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con SALTMOD



- Calibración del modelo: evolución de la salinidad



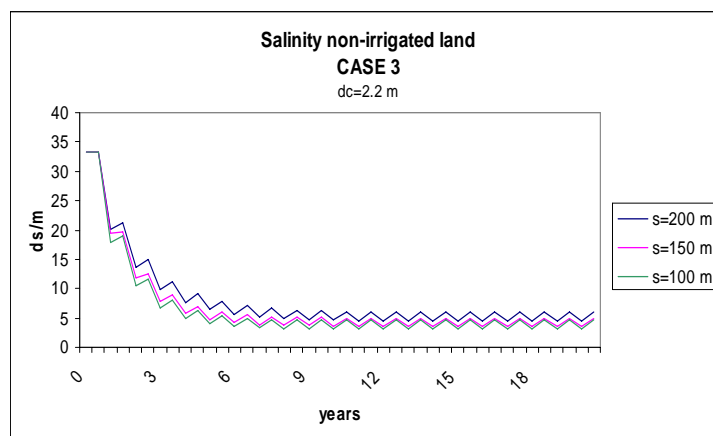
Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con SALTMOD

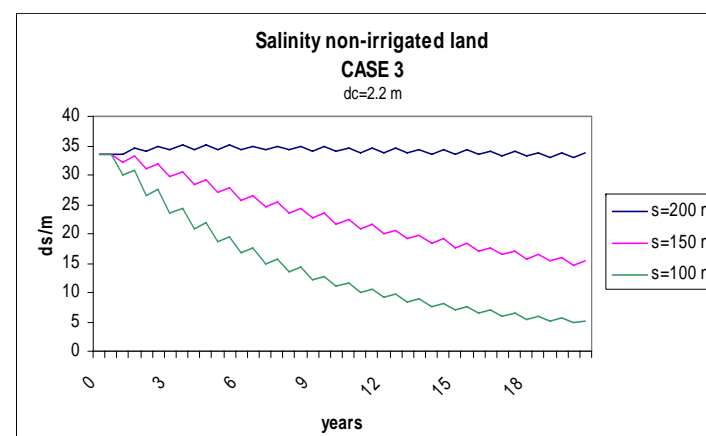


- Posibilidades de recuperación de los suelos

Drenaje + riego



Drenaje sin riego



Evolución de la salinidad en los campos no regados para la zona 3 para una profundidad de drenes de 2.2 m y distinta separación entre drenes.

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con SALTMOD



■ Posibilidades de recuperación de los suelos

Drenaje sin riego en los campos no regados

	Caso 3			Riego oficial		
	Profundidad crítica (m)			Profundidad crítica (m)		
Distancia Entre drenes	2.2	2	1.8	2.2	2	1.8
100	5.27	34.4	25.6	5.38	35.8	60.8
150	15.4	48.6	25.6	15.4	48.3	62.6
200	33.7	48.6	25.6	35.4	50.2	63.7

Salinidad (EC) después de 20 años de simulación para el Caso 3

Drenaje + riego en los campos antes no regados

	Caso 3			Riego oficial		
	Profundidad crítica (m)			Profundidad crítica (m)		
Distancia Entre drenes	2.2	2	1.8	2.2	2	1.8
100	4.59	5.18	6.02	4.52	5.17	6.02
150	4.94	5.55	6.38	5.13	5.91	6.89
200	5.96	5.55	7.8	5.89	6.73	7.8

Salinidad: EC de la humedad del suelo cuando está saturada bajo condiciones de campo

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Estudio de la salinidad con SALTMOD



■ Posibilidades de recuperación de los suelos

Drenaje sin riego en los campos no regados

	Caso 3			Riego oficial		
	Profundidad crítica (m)			Profundidad crítica (m)		
Distancia Entre drenes	2.2	2	1.8	2.2	2	1.8
100	15	-	-	15	-	-

Drenaje + riego en los campos antes no regados

	Caso 3			Riego oficial		
	Profundidad crítica (m)			Profundidad crítica (m)		
Distancia Entre drenes	2.2	2	1.8	2.2	2	1.8
100	4	4	6	4	4	6
150	4	5	7	4	5	6
200	5	7	10	5	7	10

Tiempo en años que el sistema necesita para alcanzar valores salinos aptos para el uso agrícola

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Contenidos



- Introducción
- Descripción de los modelos
- Estrategia general seguida en el proyecto
- Estudio de la salinidad con WASIM
- Estudio de la salinidad con SALTMOD
- Conclusiones



Conclusiones

■ Comparación de los modelos Wasim y Saltmod

- Wasim → balance del sistema diario
Saltmod → balance del sistema estacional

- En Wasim los resultados son más minuciosos y detallados.

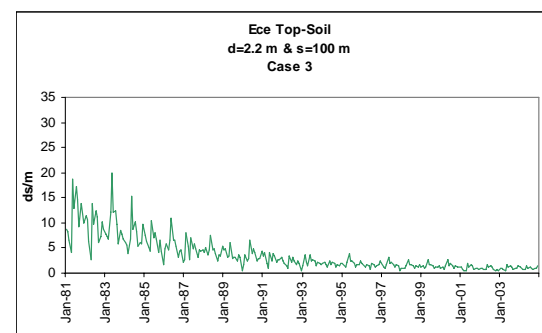
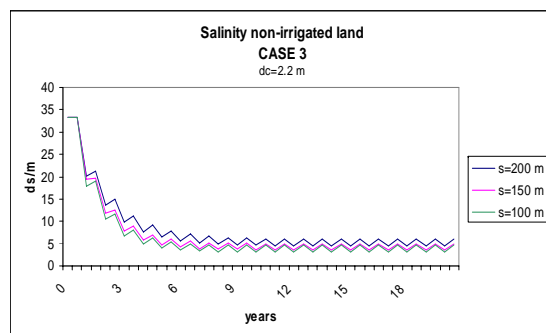


FIABLE

- Los resultados de Saltmod indican la posible evolución del sistema.



INDICATIVO



Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Conclusiones



- Ventajas e inconvenientes de Saltmod y Wasim
 - Los dos son gratuitos.
 - La interfaz gráfica de WASIM es sencilla y amigable.
 - Los inputs variables en SALTMOD, deben ser introducidos en la interfaz gráfica del programa.
 - SALTMOD permite simular al mismo tiempo 3 campos distintos.
 - WASIM, no admite que el nivel freático esté por debajo del nivel de los drenes.
 - Además, los valores iniciales salinos deben ser inferiores a 12 ds/m.
 - En WASIM, el flujo subsuperficial y los bombeos deben ser constantes a lo largo de la simulación.

Conclusiones



■ Recuperación de suelos

- El área de riego del Río Dulce tiene importantes problemas de salinidad, especialmente en los campos no regados.
- Es posible recuperar el sistema mediante la introducción de un sistemas de drenes y la aplicación de riegos adecuados.
- Los valores que SALTMOD ofrece son más favorables que los de WASIM.
- La utilización de drenes sin el aumento de la percolación es inútil.

Caso 3	SALTMOD			WASIM		
	Profundidad crítica (m)			Profundidad crítica(m)		
Distancia Entre drenes	2.2	2	1.8	2.2	2	1.8
100	4	4	6	8	11	20
150	4	5	7	14	20	-
200	5	7	10	-	-	-

Estrategias para luchar contra la salinización en el sistema de riego de Santiago del Estero, Argentina

Fin

