

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/292655870>

# SISTEMA DE PREDICCIÓN DE INUNDACIONES PARA EL SUR DE CÓRDOBA

Conference Paper · January 2005

---

CITATIONS

0

---

READS

7

16 authors, including:



[Horacio Videla Mensegue](#)

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

38 PUBLICATIONS 31 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Prediction of the fluctuation of the water table according to the crop sequence in the southeast region of Córdoba (Argentina) [View project](#)



AGRO-DATA: Agro-ecosystems simulation modeling [View project](#)

## SISTEMA DE PREDICCIÓN DE INUNDACIONES PARA EL SUR DE CÓRDOBA

Degioanni<sup>1</sup>, A.; J. Cisneros<sup>1</sup>; A. Cantero<sup>1</sup>; M. Reynero<sup>1</sup>; P. Ducanto<sup>2</sup>; M. Escobar<sup>2</sup>; D. Gagliese<sup>2</sup>, A. Poloni<sup>2</sup>, C. Garcia<sup>2</sup>; P. Garay<sup>2</sup>; D. Salusso<sup>2</sup>; M. Amor<sup>2</sup>; M. Marozzi<sup>3</sup>; H. Videla<sup>1</sup>, S. Rang<sup>4</sup> y S. Arpellino<sup>4</sup>

**RESUMEN:** El sur de Córdoba ha sido afectado por inundaciones que han causado pérdidas millonarias en la producción agropecuaria y en la infraestructura de la región. El objetivo de este trabajo es presentar un sistema de predicción del proceso de anegamiento – inundación para el departamento Roque Sáenz Peña (Córdoba). Se compone de cuatro subsistemas: generación de datos hidrometeorológicos desde una estación remota localizada en Villa Rossi (Córdoba); transmisión de datos a baja velocidad mediante red celular; procesamiento y análisis de datos hidrometeorológicos e imágenes de satélite y comunicación de información vía Internet. Actualmente el sistema permite predecir el riesgo de anegamiento – inundación mediante la simulación del balance hídrico local, publicar los resultados en Internet y efectuar recomendaciones preventivas de uso y manejo del suelo para el sector agropecuario.

**Palabras claves:** predicción, anegamiento, inundación.

**SUMMARY:** The south of Cordoba has been affected for floods that have caused lost millionaire in the farming production and the infrastructure of the region. The objective of this work is to present a system of prediction of flooding process for the Department Roque Sáenz Peña (Córdoba). One is made up of four subsystems: generation of hydrometeorological data from a located remote station in Villa Rossi (Córdoba); data transmission at low speed by means of cellular network; processing and analysis of hydrometeorological data and images of satellite and communication of information on Internet. At the moment the system allows to predict the flooding risk by means of the simulation of the local hydric balance, to publish the results in Internet and to carry out preventive recommendations of use and handling of the soils in the farming sector.

**Keyword:** prediction, waterlogging, flood.

### INTRODUCCIÓN

El fenómeno de anegamiento - inundación que se define como la presencia de agua en lugares, formas y tiempos que resultan inadecuados para las actividades humanas, producen afectaciones económicas, sociales y ambientales. El sur de la provincia de Córdoba ha sido escenario de cinco eventos de inundación desde 1978 a 2001. Uno de los departamentos más afectados es el Presidente. Roque Sáenz Peña con pérdidas económicas, sólo en la producción agropecuaria, en el orden de \$100 millones para la inundación 1997/1998 (Cantero et al 1998) y \$ 81 millones para el evento 1998/1999 (Peretti et al 1999). Este distrito de 850,8 km<sup>2</sup>, 34.647 habitantes y 961 explotaciones agropecuarias ha sido uno de los más afectados por las inundaciones ya que posee una de las tasas de crecimiento poblacional más baja de la provincia: 0,4% para el período intercensal 1999 – 2001 (la tasa provincial para el mismo período fue del 10,4%) (INDEC, 2002).

Sobre la base del conocimiento del proceso físico es posible generar información anticipada del mismo mediante tecnología apropiada y establecer canales de comunicación alertando a los productores agropecuarios y los organismos con gestión territorial medidas de prevención y/o mitigación necesarias de implementar. Este procedimiento es lo que constituye un Sistema de Alerta (ALFWSH, 1997) y está formado por cuatro subsistemas básicos:

- Subsistema de generación de datos: incluyen las tecnologías de medición “in situ” tales como estaciones automatizadas y de medición “remota” como las imágenes de satélite.
- Subsistema de transmisión de datos: incluye las tecnologías de telecomunicaciones como la telefonía celular para intercomunicar las estaciones remotas con un centro de procesamiento.
- Subsistema de procesamiento y análisis de datos: es el que transforma los datos en información. Incluye el uso de modelos de simulación numérica acoplados a los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

---

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía y Veterinaria. <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería. <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Exactas Universidad Nacional de Río Cuarto. Ex Ruta 36 km 601. 5800 Río Cuarto

Email: [adegioanni@ayv.unrc.edu.ar](mailto:adegioanni@ayv.unrc.edu.ar)

<sup>4</sup>IPEM 25. Villa Rossi. Córdoba

Investigación financiada por SeCyT – UNRC y proyecto PICTOR.

d. Subsistema de comunicación: consiste de una interfase entre la información generada en el subsistema anterior y el usuario final mediante un canal informativo como es Internet.

El objetivo de este trabajo es presentar el desarrollo de un sistema de predicción del fenómeno de anegamiento – inundación para el Departamento Roque Sáenz Peña (Córdoba)

## MATERIALES y MÉTODOS

El área de estudio es una parcela experimental localizada en el establecimiento del Sr. Zoppi (Villa Rossi - Córdoba). Este sector es representativo en condiciones de suelo y relieve de la mayor parte del territorio del Departamento Presidente. Roque Sáenz Peña. Se ha confeccionado un Sistema de Información Geográfica del departamento Presidente Roque Sáenz Peña (PRSP, Degioanni et al 2001) constituido por las siguientes capas: cuencas, red de drenaje, lagunas, áreas inundables, catastro rural, red vial, suelos y topografía. A partir de esta información se ha zonificado el territorio del Departamento en tres grandes unidades homogénea de paisaje (Tabla 1) donde es posible extrapolar los resultados obtenidos a nivel de la parcela experimental.

Tabla 1: Características de las unidades de paisaje delimitadas en el Departamento Roque S. Peña

Denominación unidad de paisaje	LOMAS	MEDIAS LOMAS	BAJOS
Suelos	Haplustoles y Hapludoles énticos y típicos. Argiudoles típicos	Haplustoles tauto nátricos, Natralboles y Natrustoles asociados Haplustoles-Argiudoles	Fragiacualfes, Duracuoles, Natracuoles Natracualfes
Relieve	Normal	Normal – Subnormal	Cóncavo
Drenaje Natural	Bien drenado	Moderada a imperfectamente drenado	Pobrememente a mal drenado
Rangos de profundidad de la capa freática (m) en Julio de 2004	1 a 2,5	1 a 0,5	0 a 0,5
Rangos de salinidad de la capa freática (dS.m <sup>-1</sup> )	2 a 10	10 a 15	5 a 25
Frecuencia de anegamiento – inundación	Baja	Media	Alta
Aptitud de Uso	Agrícola	Ganadero – Agrícola	Ganadero
Superficie en el Dep. PRSP (ha)	252.000	336.000	259.000

El estado actual de desarrollo del Sistema de Predicción es el siguiente:

**Subsistema de generación de datos:** desde enero de 2002 funciona en la parcela experimental una estación meteorológica que mide automáticamente y con frecuencia diaria las siguientes variables climáticas: radiación solar, lluvia, temperatura del aire, velocidad del viento, humedad relativa y temperatura del suelo. En forma manual con frecuencia mensual, se registra la profundidad y salinidad de la capa freática para tres suelos representativos del área: Haplustol udortentico en la posición de loma, Natralbol típico en la media loma y Natracualf típico en el bajo. En estos suelos la profundidad de la capa freática constituye la variable de síntesis que mejor expresa los estados de anegamiento – inundación y salinización del perfil (Cisneros, 1994; Cisneros et al, 1997).

**Subsistema de transmisión de datos:** está compuesto por un teléfono celular analógico Motorola (modelo Tango), de un transmisor/receptor celular con interfaz telefónica RJ11 y un circuito electrónico que actúa como interfaz entre el celular y el conector RJ11. Este subsistema se encuentra en fase de desarrollo y permitirá transmitir los datos vía celular desde la estación de Villa Rossi y receptor mediante un MODEM telefónico instalado en una PC en la UNRC. Actualmente los datos climáticos de la estación son bajados a una notebook .

**Subsistema de procesamiento y análisis de datos:** este subsistema comprende el procesamiento digital de imágenes de satélite provistas por CONAE para establecer los tipos de ocupación del suelo y el estado hidrológico de superficie y el procesamiento de datos hidrometeorológicos mediante el modelo de simulación del balance hídrico *Freat.1* (Degioanni et al, 2005) Este modelo simula el escurrimiento superficial, la evapotranspiración, el contenido hídrico del suelo y las oscilaciones en la profundidad del nivel freático. Los datos de entrada que requiere son: temperatura del aire (máxima y mínima), velocidad del viento, lluvia, textura, densidad aparente, profundidad de enraizado, grado de

cobertura del suelo y número de curva de escurrimiento superficial. El modelo ha sido calibrado para los suelos de la loma y media loma de la parcela experimental y posee una calidad del ajuste, medida como el Error Cuadrático Medio, entre registros freáticos observados y simulados menor de 20 cm. Con este modelo se realizan las predicciones de mediano plazo (6 – 12 meses) utilizando como información climática (lluvias) los pronósticos elaborados por el International Research Institute for Climate Prediction (Columbia University - USA).

**Subsistema Comunicación de la Información:** se ha instalado un servidor en la UNRC y desarrollado una página WEB (<http://www.proin.unrc.edu.ar>) donde se ha instrumentado mediante un MapServer el SIG del DPRS, se publican los datos hidrometeorológicos registrados en la parcela de Villa Rossi en archivos que pueden ser bajados por el usuario y se informan los resultados de las predicciones efectuadas mediante el modelo de simulación en gráficas de evolución esperada de la capa freática.

## RESULTADOS

En el inicio del ciclo agrícola 2004/2005 se procedió a efectuar predicciones sobre la evolución del balance hídrico en tres unidades de paisaje: lomas, medias lomas y bajos y para tres escenarios probables de lluvias de la serie Laboulaye 1970 – 2001: húmedo 1.100 mm anuales, normal 900 mm anuales y seco 720 mm anuales con una probabilidad de ocurrencia para el período agosto de 2004 – marzo de 2005 de 25% - 35% y 40% respectivamente. Los resultados de las simulaciones se muestran en gráficas de oscilación esperada de la profundidad de la capa freática tomando como profundidad crítica para el anegamiento 0,4 m y para la salinización del perfil 1 m.

### Predicción del anegamiento – inundación y salinización para las unidades de Lomas

La simulación efectuada con precipitaciones según el escenario húmedo (25 % de probabilidad) arroja riesgo de anegamiento leve en el período marzo – abril – mayo de 2005 (Figura 1). Este escenario podría complicar las tareas de recolección de la cosecha gruesa durante ese período. Por otra parte existiría riesgo de salinización del perfil durante todo el otoño e inicio del invierno en caso de suelos desnudos (p.e lotes preparados a cultivos de invierno con labranzas que eliminen la cubierta vegetal)

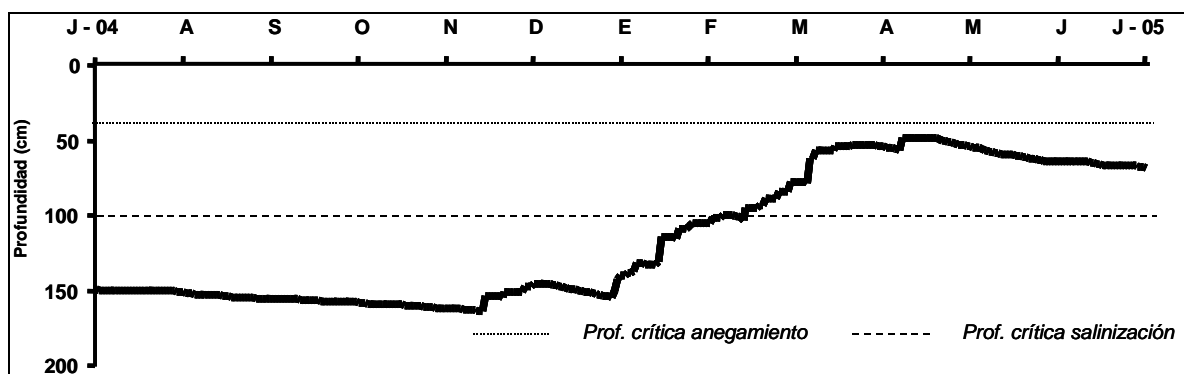


Figura 1: Evolución simulada del nivel freático con el modelo Freat.1 -escenario Húmedo

Para la misma unidad de suelos pero con un escenario de lluvia normal (35% de probabilidad), la evolución esperada del nivel freático (Figura 3), no indican riesgo alguno de anegamiento para el ciclo 2004 – 2005. La simulación muestra que existiría un riesgo moderado de salinización del perfil durante el período Marzo a Julio de 2005.

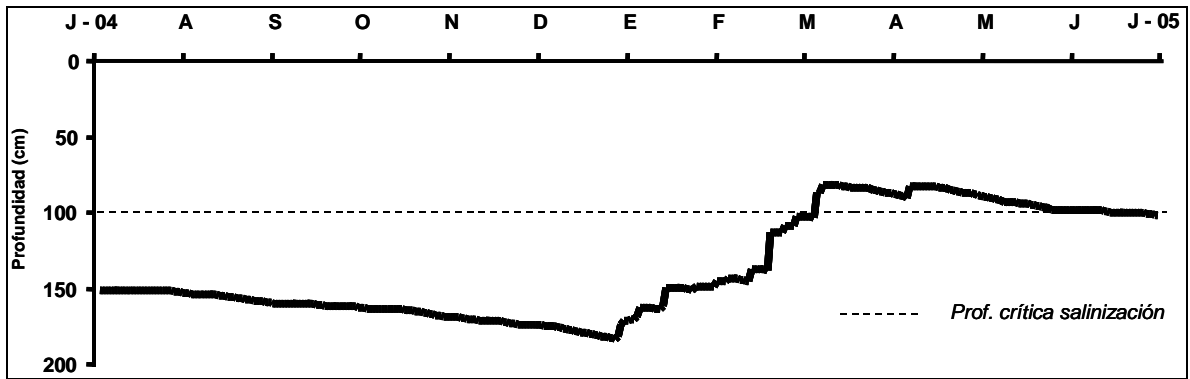


Figura 2: Evolución simulada del nivel freático con el modelo Freat.1 -escenario Normal

Por último la simulación efectuada con precipitaciones correspondientes a un escenario seco y según la evolución esperada del nivel freático (Figura 3), no indica riesgo alguno de anegamiento ni salinización del perfil para el ciclo 2004 – 2005. Comparando los niveles freáticos simulados con los medidos en freatímetro se constata que este ha sido el escenario real ocurrido. El error cuadrático medio entre los registros simulados y medidos es de 23 cm.

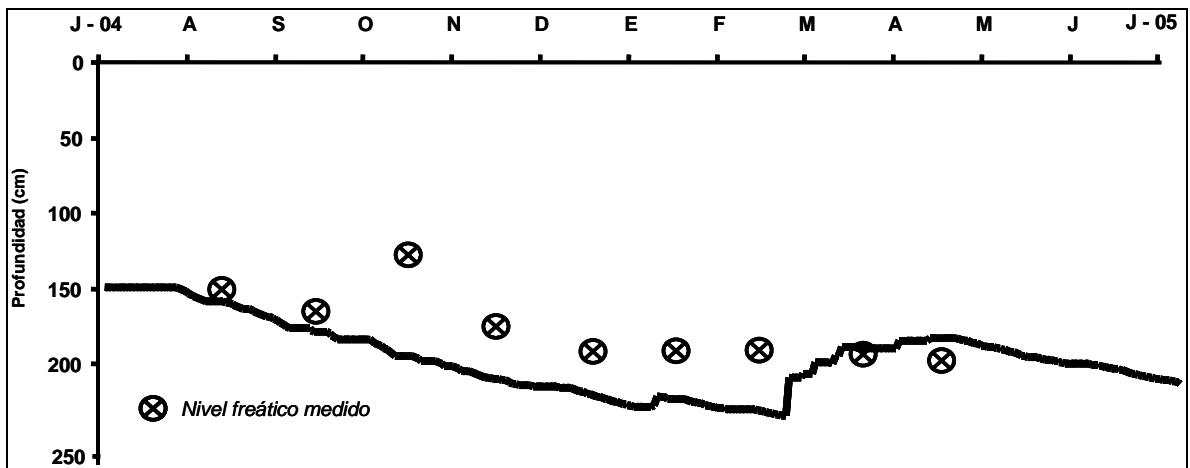


Figura 3: Evolución simulada y medida del nivel freático con el modelo Freat.1 - escenario Seco

### Predicción del anegamiento – inundación y salinización para las unidades de Medias Lomas

La simulación efectuada con precipitaciones correspondiente al escenario húmedo para esta unidad de suelos y según la evolución esperada del nivel freático (Figura 4) arroja riesgo de anegamiento severo durante entre mediados de enero a julio con un período de inundación entre febrero y abril de 2005. Por otra parte el riesgo de salinización persiste durante todo el ciclo simulado particularmente cuando la freática se encuentra entre un metro y 40 cm (porque se encuentra con mayor concentración salina) Evidentemente este escenario es de alto riesgo para las producción de cultivos de verano del ciclo 2004 – 2005.

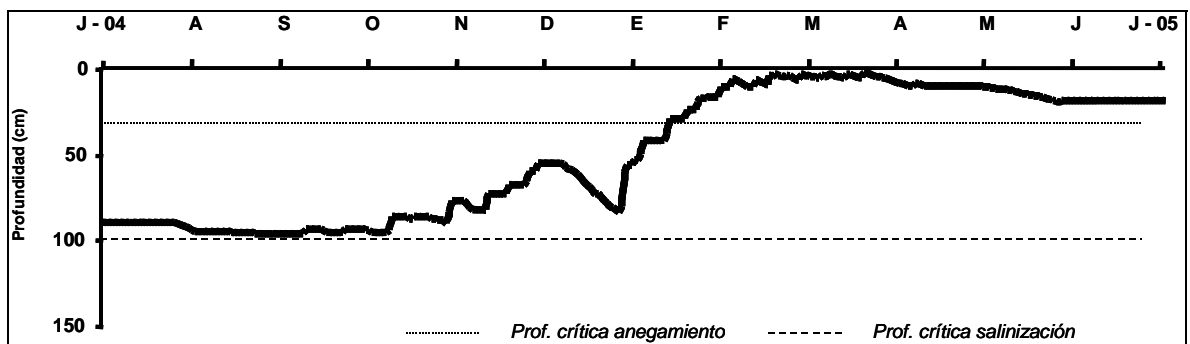


Figura 4: Evolución simulada del nivel freático con el modelo Freat.1 - escenario Húmedo

Para la misma unidad pero con un de paisaje Media Loma la simulación efectuada correspondiente al escenario normal de lluvias la evolución esperada del nivel freático (Figura 5) arroja riesgo de anegamiento severo para entre mayo y julio de 2005 y riesgo de salinización en la primavera de 2004 y febrero de 2005. Este escenario es de alto riesgo para las tareas de cosecha de cultivos de verano del ciclo 2004 – 2005.

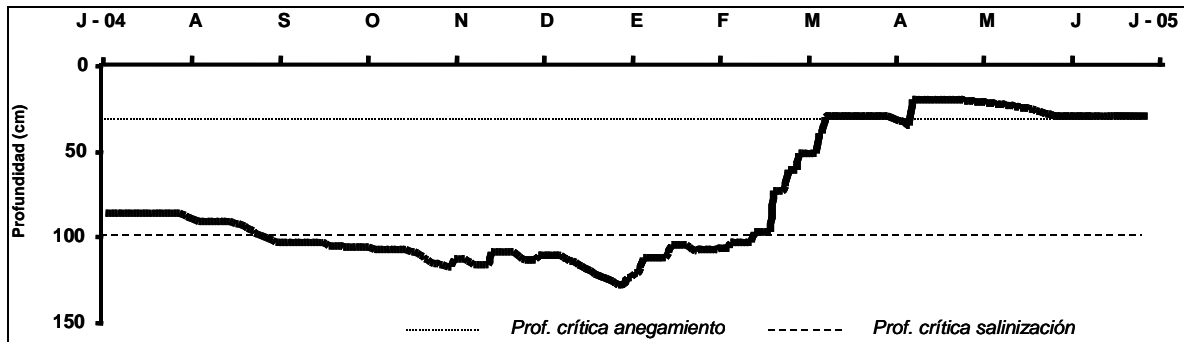


Figura 5: Evolución simulada del nivel freático con el modelo Freat.1 - escenario Normal

Por último simulación efectuada con precipitaciones correspondientes al escenario seco la evolución esperada de la freática (Figura 6) no indican riesgo alguno ni de anegamiento ni salinización del perfil para el ciclo 2004 – 2005. Comparando los niveles freáticos esperados con los registrados en el freatímetro se constata que este ha sido el escenario real ocurrido. El error cuadrático medio entre los registros simulados y medidos es de 12 cm.

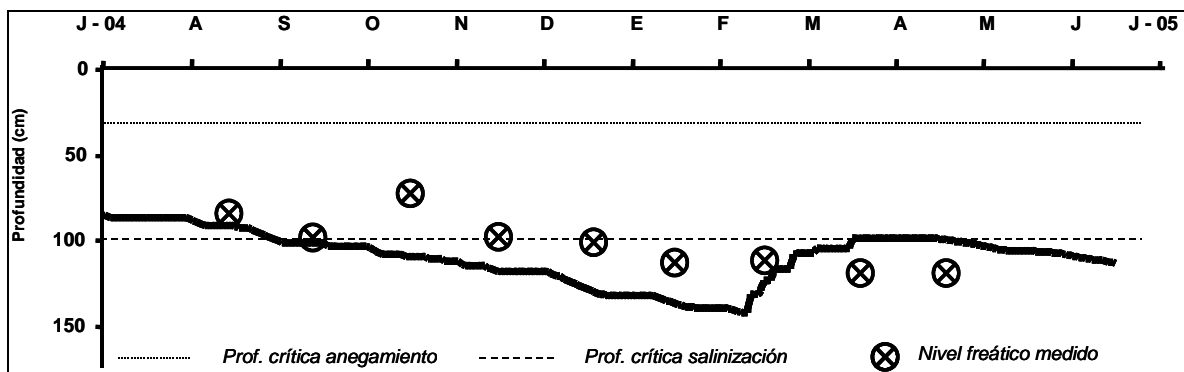


Figura 6: Evolución simulada con el modelo Freat.1 y medida del nivel freático - escenario Seco

### Predicción del anegamiento – inundación y salinización para las unidades de Bajos

En estas unidades de suelos la simulación del nivel freático fue similar para todos los escenarios probables de precipitaciones (Figura 7) indicando un estado de anegamiento – inundación y salinización permanente durante todo el período analizado. De hecho los valores freatimétricos medidos indican que estas unidades estuvieron permanentemente anegadas y con agua en superficie en los sectores más cóncavos de las mismas. El error cuadrático medio entre los registros simulados y medidos es de 10 cm.

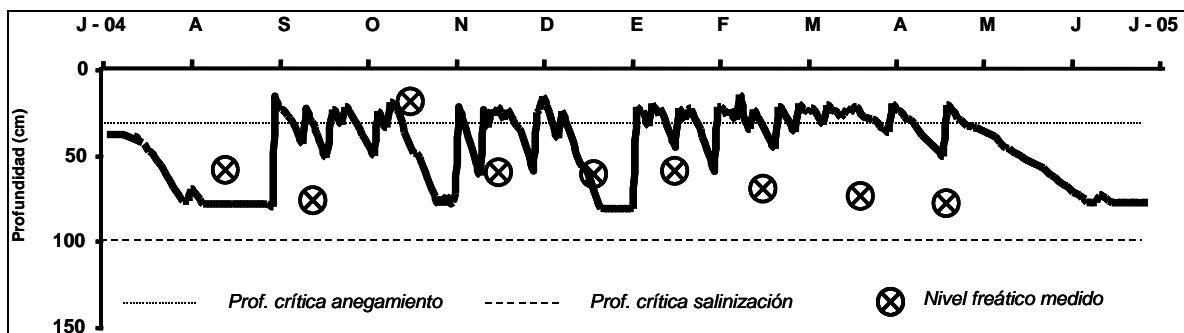


Figura 7: Evolución simulada con el modelo Freat.1 y medida del nivel freático para todos los escenarios de lluvias.

### **Recomendaciones preventivas para el sector agropecuario.**

Las siguientes recomendaciones son válidas al momento de efectuar las predicciones y están orientadas a ayudar la toma de decisiones sobre el uso y manejo de los suelos tomando como condición de partida la profundidad de la capa freática en agosto – septiembre de 2004.

- a. Si la capa freática se encuentra a más de 2 metros de profundidad no hay ningún riesgo de anegamiento para el ciclo de cosecha 2004 – 2005 por consiguiente se recomienda uso agrícola sin restricciones.
- b. Si la capa freática se encuentra entre 1,5 y 2 metros de profundidad hay un leve riesgo de falta de piso al momento de la recolección de la cosecha gruesa. Se recomienda adelantar la misma al máximo posible y la siembra de cultivos de ciclo corto.
- c. Si la capa freática se encuentra entre 1,5 y 1 metro de profundidad hay alto riesgo de falta de piso al momento de la recolección de la cosecha gruesa. Se recomienda restringir el uso para agricultura. Si se toma la decisión de hacer agricultura sembrar cultivos de ciclo cortos.
- d. Si la capa freática se encuentra entre 1 y 0,7 metros de profundidad hay alto riesgo de falta de piso a partir de marzo 2005 y de salinización del suelo durante todo el ciclo. Se recomienda uso ganadero (no hacer agricultura) con pasturas adaptadas al anegamiento y salinización.
- e. Si la capa freática está entre 0,7 y 0,3 metro de profundidad el anegamiento será casi permanente por lo que son lotes no aptos para agricultura. Se recomienda uso ganadero con pasturas adaptadas al anegamiento y salinización.

### **CONCLUSIONES**

El sistema de predicción ha demostrado que, para predicciones de corto plazo, puede ser de utilidad para la toma de decisiones en el sector agropecuario del Departamento Roque Sáenz Peña. En el futuro está previsto incrementar el número de estaciones remotas para una mejor extrapolación de resultados y ampliar las capacidades de predicción del modelo de simulación.

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo agradecen al Sr Gerardo Zoppi (productor agropecuario), a la comunidad educativa del IPEM 25 de Villa Rossi y a la CONAE.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- ALFWSH -Automated Local Flood Warning Systems Handbook.** 1997. Weather Service Hydrology Handbook No. 2. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Weather Service. USA.
- Cantero A, Cantú M, Cisneros J, Cantero J, Blarasin M, Degioanni A, Gonzalez J, Becerra V, Gil H, De Prada J, Degioanni S, Cholaky C, Villegas M, Cabrera A y C. Eric.** 1998. Las tierras y aguas del sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable. Editorial UNRC, Río Cuarto 107 pp.
- Cisneros, J.** 1994. Caracterización del hidromorfismo en ambientes representativos del centro - sur de Córdoba. Tesis M.Sc. Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires.
- Cisneros, J., J. Cantero and A. Cantero G.** 1997 Vegetation, soil hydrophysical properties, and grazing relationships in saline-sodic soils of Argentina. Canadian J. Soil Sc. 79: 399-409.
- Degioanni, A., J. Cisneros, H. Gil, S. Rang, A. Milanesio, A. Cantero, M. Reynero y J. Marcos.** 2001. Sistema de información geográfica de los ambientes inundables del departamento Roque Saenz Peña, provincia de Córdoba. Editorial Fundación UNRC. Publicación Cd Multimedia.
- Degioanni, A., J. Cisneros, A. Cantero y S. Rang.** 2005. Simulación del nivel freático en suelos con riesgo de anegamiento. XX Congreso Nacional del Agua. Mendoza.
- Peretti, M., V. Freire, C. Daza, J. Gonzalez, J. Granda, C. Issaly, M. Liddle, F. Moore, L. Pizarro, B. Urquiza y M. Vigliocco.** 1999. Monitoreo económico de los sistemas productivos predominante del sector agropecuario de Córdoba. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto