



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Agronomía y Veterinaria

Servicio de Conservación y Ordenamiento de Tierras (SECYOT)

Estado actual, pronósticos y propuestas de control de inundaciones en el centro-este de la provincia de Córdoba

Autores:

José M. Cisneros; Horacio A. Gil; Jorge D. de Prada; Américo J. Degioanni; Alberto Cantero G. y Oscar Giayetto. SECYOT.

Juan P. Ioele, Ormando A. Madoery, Alejandra Masino y Julia Rosa, AER INTA Corral de Bustos.

Mayo 2014



Tabla de Contenidos

I.	Introducción	3
II.	Situación actual de inundación - anegamiento.....	5
II.1.	Evaluación de la superficie inundada	8
II.2.	Análisis histórico de las precipitaciones.....	9
II.3.	Caracterización del comportamiento de las napas	12
II.4.	Efectos benéficos de la napa freática sobre los cultivos.....	16
II.5.	Pronostico de riesgo de anegamiento-inundación para el ciclo agrícola 2014-2015	17
Profundidades críticas.....		17
Pronósticos climáticos. Escenarios.....		18
III.	Propuestas de inmediato, corto y mediano plazo	23
Actuaciones inmediatas		24
Actuaciones de corto plazo		25
Actuaciones de mediano y largo plazo.....		25
IV.	Reflexiones finales.....	27
	Bibliografía consultada.....	28



Agradecimientos

Los autores agradecen los fondos aportados por las siguientes instituciones: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Ministerio de Educación y Cultura de la Nación, Secretaría de Ciencia y Técnica UNRC; Programa PID Bases ambientales para el ordenamiento territorial en Córdoba, cofinanciado entre SECYT Nación y MinCyT de la provincia de Córdoba y la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

Un agradecimiento especial al Ing. Agr. José María Luciano y el Sr. Carlos Fitzgerald por la proveer los registros de precipitaciones y napas. También se agradece al Sr. Mario Lamfri de la Consultoría en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias de CONAE.

I. Introducción

Las inundaciones y anegamiento nuevamente afectan un área importante del centro este de la provincia de Córdoba, particularmente la zona de influencia de las localidades de Corral de Bustos, Isla Verde, Marco Juárez, Colonia Bremen entre otras. Las intensas precipitaciones, los excedentes de aguas y sedimentos superficiales (canalizadas de zonas intermedias y altas), y el aumento local-regional de la napa freática han desbordado las lagunas, bañados y reservorios naturales de agua, prácticamente colapsando su capacidad de regulación hídrica. Consecuentemente, se han incrementado las zonas inundadas y anegadas con daños significativos mayor vulnerabilidad en las poblaciones urbanas, y rurales.

Las poblaciones urbanas están con presencia de napa en superficie, zonas inundadas, y riesgos sanitarios de importancia sino se actúa con urgencia. En la parte rural, las afectaciones principales han sido la infraestructura de camino, las pérdidas de cosecha de los cultivos estivales, pérdidas en las producciones ganaderas y la dificultad para la movilidad urbana rural.

Este fenómeno de inundación y cierta simplificación en las propuestas para resolverlo no es nuevo en la región pampeana. De hecho, ciclos con periodo de inundación seguido por periodo de sequía fueron analizados por Florentino Ameghino en el año 1.884 refiriéndose a las pampas inundables de Buenos Aires (reimpreso por CADIA 1987). Ameghino en aquella época había observado el fenómeno de inundación y sequía como parte de un ciclo climático, periodo de lluvias altas asociado a las inundaciones y de lluvias bajas asociados a las sequías.

La simplificación del fenómeno inundación – sequía y la solución ofrecida para los periodos de inundaciones han estado asociada a la construcción de canales para sacar los excedentes pluviales.

En el año 1.884, Ameghino consideraba que era desmedido el entusiasmo de la gente y de las autoridades por la construcción de canales-desagües para desagotar los excedentes pluviales al océano y que no habían sopesado apropiadamente los perjuicios que éstos ocasionarían. Ameghino menciona que los canales en periodos de grandes lluvias difícilmente pudieran evacuar los grandes volúmenes de agua. El autor consideraba que los canales facilitarían la circulación del agua más rápido (reducir los tiempos de concentración) y la concentración de la misma en las zonas bajas, que serían aún más afectadas por los desbordes, colmatación, sedimentación de los canales [más presión de recarga de las napas en zonas bajas], consecuentemente agravando el problema de inundaciones.

Por otro lado, Ameghino consideraba que desagotar los bajos y lagunas era eliminar una reserva estratégica de agua para los periodos de sequía, “haciéndolas más intensas, más prolongada y más desastrosas”. Él mencionaba, que en los periodos de sequía los bañados y lagunas (humedales) eran los únicos lugares con pastos y aguas para el ganado. Actualmente, también sabemos que las recargas de las napas freática en periodos de lluvias mayores a los promedios aportan para la producción agrícola -riego subterráneo- con alta incidencias en los rendimientos (ver detalles Sainz, 2008; Scilingo *et al.*, 2012).

Particularmente en el sur de Córdoba, el fenómeno de inundación y anegamiento de cuencas endorreicas (cerradas) estuvo asociado a la pérdida de la capacidad reguladora de los humedales (colapsados por sedimentos debido a la erosión), a la anarquía del sistema hidrológico local y regional, obras públicas y privadas aisladas, al cambio de uso de la tierras y prácticas de manejo de suelo (Cantero G. y Cantu, 1981; Cantero G. *et al.*, 1988; Cantero G. *et al.*, 1998b; Cisneros *et al.*, 2005). En este sentido, el fenómeno observado por Ameghino a finales del siglo XVIII fue cuantificado en las cuencas endorreicas de los arroyos menores del sur de Córdoba. Degioanni *et al.*, (2005) compara longitud de la red de desagüe (canales y arroyos) y las áreas afectadas por inundación-anegamiento entre el año 1975 y 2001 a través de imágenes de satelitales. Varias de las cuencas endorreicas, por ejemplo, arroyo Santa Catalina, El Gato, El Ají, entre otras, fueron canalizadas en este periodo, y conectados al sistema del río Cuarto, bajos del Saladillo-río Carcarañá-Paraná, y consecuentemente la longitud de canales se incrementó alrededor de 500 km (pasó de 895km a 1491km de longitud de la red desagüe) y al mismo tiempo las zonas afectadas por inundación-anegamiento se incrementaron en alrededor 85 mil ha (de 260 mil ha en 1975 paso a 345 mil ha en el 2001). Los autores corroboran la validez de las apreciaciones realizadas por Ameghino y lo contraproducente en términos productivos, económicas y sociales del enfoque simplificado adoptado durante el periodo 1975 y 2001.

Esto remarca la necesidad de considerar el fenómeno de inundación – anegamiento y sequía desde una perspectiva integral y permanente considerando lo estratégico de manejar los recursos hídricos en la región pampeana y de ordenar en el territorio las actividades productivas, las infraestructuras rurales y urbanas, las actividades de regulación hídrica y protección contra las inundaciones, que permitan reducir los daños causados por los eventos extremos de sequía e inundación y aprovechar los recursos (CADIA, 1987; Cantero G. *et al.*, 1998a; Cantero G. *et al.*, 1998b; Giayetto *et al.*, 2013).

El ordenamiento de territorio en el medio rural cobra más importancia si consideramos las predicciones climáticas, la inestabilidad hidrológica y la mayor vulnerabilidad de las poblaciones rurales urbanas rurales de centro este de la provincia de Córdoba. Las predicciones de cambio climático para la región pampeana consideran eventos más extremos (lluvias y sequías más intensas). Además, el Instituto de Clima y Agua del



INTA pronostica alta probabilidad de ocurrencia del fenómeno del “Niño” o neutro para la campaña 2014-2015.

Por ello, el Servicio de Conservación y Ordenamiento de Tierras (SECYOT-FAV) con la colaboración del INTA Corral de Bustos elabora este informe de coyuntura, que pretende cumplir con los siguientes objetivos:

- Analizar el estado actual del fenómeno de anegamiento-inundación y la magnitud de la zona afectada;
- Pronosticar los posibles escenarios de inundación anegamiento en el corto plazo,
- Alertar sobre la necesidad de activar los mecanismos para asistir a las comunidades urbanas y rurales en las zonas afectada por las inundaciones y anegamiento y
- Sugerir un conjunto de acciones para los tomadores de decisiones a nivel político institucional y a nivel de productores.

El alcance del informe es preliminar dado que para la toma de decisiones operativas es necesario realizar estudios de detalle tanto a nivel predial como regional.

El resto del documento se organiza en cuatro secciones. En la Sección II se analiza la situación actual de anegamiento dimensionando y cuantificando el problema de las inundaciones, y se realiza pronóstico corto plazo considerando las probabilidades de precipitaciones. En la Sección III, se presentan las propuestas considerando las urgencias para asistir los pobladores con dificultades de inundación y también la necesidad de pensar en el mediano y largo plazo considerando el ordenamiento de territorio. En la Sección IV, se realizan unas reflexiones finales vinculadas a los principios que deben considerarse considerando la recurrencia del fenómeno de inundaciones y sequías.

II. Situación actual de inundación - anegamiento

La inundación es un tipo de desastre natural que se define como la presencia de agua en lugares, formas y tiempos que resultan inadecuados para las actividades humanas y que producen afectaciones económicas, sociales y ambientales. Particularmente, la inundación y anegamiento es un fenómeno concurrente que se manifiesta en áreas planas, muy suavemente onduladas y donde el nivel de la napa freática oscila a muy poca profundidad de la superficie del suelo. La expresión de este fenómeno es la saturación del suelo (anegamiento) y la presencia de una lámina de agua sobre la superficie (inundación) tanto en pequeñas o grandes extensiones y que puede durar desde unos pocos días hasta meses.

La región centro este de la provincia de Córdoba y particularmente la zona de influencia de las localidades Corral de Bustos, Isla Verde, Monte Maíz, Marcos Juárez, Colonia Bremer se caracteriza por una gran planicie de relieve normal con numerosas áreas relativamente pequeñas de relieve subnormal – cóncavo llamadas charcas o lagunas temporarias en un drenaje regional impedido, debido a la presencia de depresiones lineales de orientación sudoeste-noreste. El esquema de la Figura 1, simplifica y representa el funcionamiento hídrico de este tipo de configuración de drenaje. El esquema magnifica las zonas bajas (relieve cóncavo-charcas, bañados, lagunas, o más genérico humedales) por razones expositivas. Los humedales (charcas) funcionan como receptores del escurrimiento superficial y cumplen una importante función en el ciclo hidrológico que es regular la escorrentía a nivel regional al funcionar como retardadoras del mismo, capturar agua dulce para recarga local de la freática (importante para épocas de sequía y para desalinizar el perfil del suelo) y aumentar el área de evaporación de agua libre en caso de balances excedentarios, favoreciendo la descarga de la napa freática. En otras palabras, estos humedales brindan un servicio de protección contra inundación en periodos húmedos y de provisión de agua en periodos secos. Por otra parte, áreas de relieve subnormales la evapotranspiración real se iguala a la potencial por el aporte capilar de las napas manteniendo el conjunto un equilibrio sobre la profundidad del nivel freático y el escurrimiento a nivel regional.

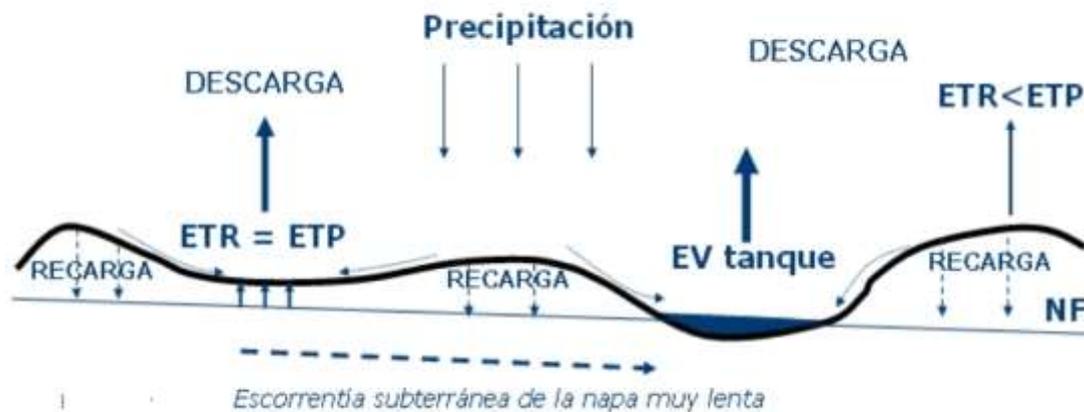


Figura 1. Esquema de funcionamiento hídrico en los sistemas de drenaje tipo araña.

Fuente: Tomado de Cisneros 2014.

Cuando estos humedales se colmatan con sedimentos por efecto de la erosión hídrica (y pierden capacidad de embalse) o bien se los interconecta con canales sin estructuras de control de caudales, desaparece la función reguladora, se desequilibran los flujos de carga y descarga y todo el sistema podría tornarse más vulnerable ante precipitaciones extremas, como las registradas a fines del verano y durante el transcurso del otoño del año 2014 en la zona bajo análisis (Fotos 1, 2 y 3).

Por otra parte, la napa freática es un recurso hídrico subterráneo, componente de las tierras y que históricamente se ha reconocido como fuente de agua para las poblaciones urbanas y rurales y para la producción ganadera. Durante el ciclo 1998-2002, en el cual

ocurrieron los eventos de inundación más importante de los últimos 100 años, la napa se ha convertido tanto en una oportunidad de aporte de agua para los cultivo como también en una amenaza para la pérdida de los mismos por efectos de la inundación y/o anegamiento.

Si bien las precipitaciones han determinado un incremento sustancial de la producción de la región bajo análisis, para la campaña 2014-2015, algunos sectores han visto seriamente complicada la faena de cosecha debido a inundación y anegamientos del suelo producido por las lluvias de fin de verano y comienzo de otoño y por un ascenso generalizado del nivel de la napa freática en el área. La preocupación de los actores regionales, tanto en el sector rural, como en el urbano, hacen foco en la percepción de un aumento en la frecuencia y duración de estos eventos en el tiempo, lo cual ha provocado además, daños en la infraestructura urbana y rural (Fotos 3 y 4). En algunas poblaciones han comenzado a aparecer fenómenos de hundimiento/daños en edificios y casas, además de daños en otras infraestructuras públicas (cementeros, canchas de fútbol, etc.).



Foto 1: Lote de soja inundado - anegado sin cosechar.



Foto 2: Lote y banquina inundada.



Foto 3: Ruta provincial entre Isla Verde y Arias. Tramo inundado.



Foto 4: Sistema de bombeo de napas en barrio de Isla Verde.

A los fines de dimensionar el problema se evalúa a continuación la superficie afectada por este fenómeno en el centro este de la provincia, se realiza un análisis histórico de las precipitaciones y del comportamiento de las napas freática para dimensionar el problema a los efectos de tener fundamentos más precisos para el pronóstico de escenarios futuros.

II.1. Evaluación de la superficie inundada

La superficie más afectada por inundación–anegamiento está localizada principalmente en los departamentos Marcos Juárez y Unión de la provincia de Córdoba. La estimación de las zonas afectadas por inundación fue realizada mediante el procesamiento de la imagen captada por el sensor MODIS Aqua del día 24 de Mayo del corriente año. La misma fue procesada con el software ArcView Image Analysis (Tabla 1, Figura 2).

Tabla 1: Superficie inundada y anegada. Departamentos Marcos Juárez y Unión. Día: 24/05/2014.

Departamento	Superficie	Estimación de área inundada			Estimación área anegada (ha)
	(ha)	Total (ha)	Tierras de aptitud agrícola (ha)	Tierras de aptitud ganadera (ha)	
Marcos Juárez	1.057.000	57.200	25.500	31.700	27.000
Unión	935.000	71.300	20.000	51.300	40.000
Total	1.992.000	128.500	45.500	83.000	67.000

El área inundada total es de 128.000 ha, de las cuales 45.500 corresponden a tierras de aptitud agrícolas, (clase I y II según la clasificación de la Carta de suelo de la provincia de Córdoba). El área total anegada (napa cerca de la superficie) es de 67.000 ha y se estimó asumiendo una saturación del suelo hasta 150 m de distancia desde el límite del agua en superficie detectada por la imagen de satélite. Se trata de una aproximación general que debe ser corroborada en estudios de mayor detalle.

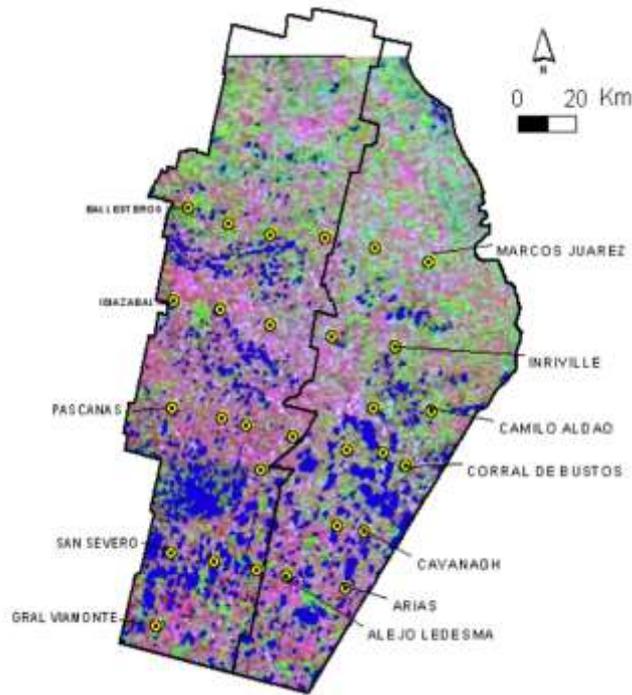


Figura 2: Mapa de áreas inundadas (color azul) en los Departamentos Marcos Juárez y Unión en el día 24/5/2014

II.2. Análisis histórico de las precipitaciones

Analizando la serie de precipitaciones de los últimos 110 años (1906-2014), aportada por productores y técnicos a la AER INTA Corral de Bustos, pueden derivarse los valores medios, extremos y la tendencia histórica. En la Figura 3 se presenta la precipitación anual para Corral de Bustos. El valor medio de la serie es de 871 mm. En el año 2012 se presenta la máxima lluvia anual de la serie con 1.542 mm siendo la mínima en el año 1937 con 200 mm. En la serie no se observa una tendencia apreciable al incremento interanual al analizar las medias móviles de 5 y 10 años, aunque si un leve incremento en el orden de 1,1 mm/año. Por otra parte el mayor período de años lluviosos se observa a finales de la década del 70. Estos valores son similares a los mencionados en la Carta de Suelos Marcos Juárez (INTA, 1978).

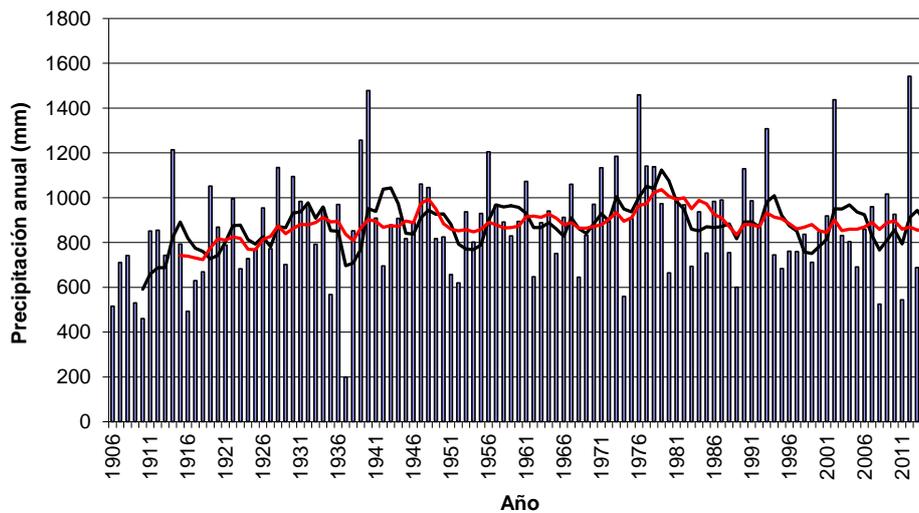


Figura 3: Serie de precipitación anual para Corral de Bustos (1906-2014). Fuente: INTA Corral de Bustos. En línea negra media móvil cada 10 años, en línea roja media móvil cada 5 años

También se analizó la serie de valores de los últimos 34 años (1980-2014) a los fines de testear la hipótesis de que el ascenso de napas responde a una serie más corta (Figura 4).

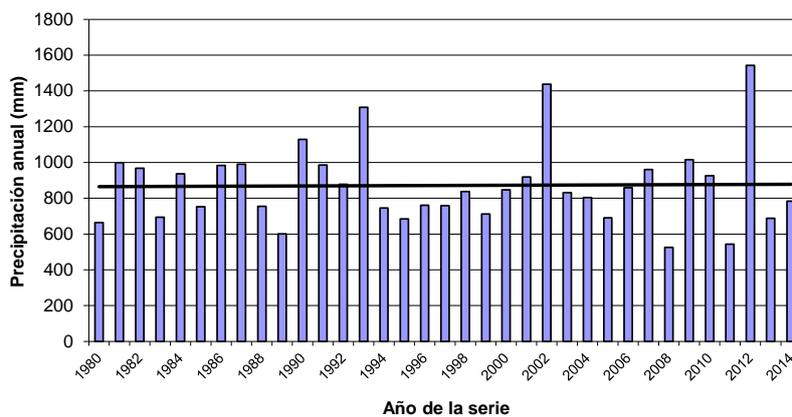


Figura 4: Serie de precipitación anual para Corral de Bustos (1980-2014). Fuente: INTA Corral de Bustos. En línea negra la tendencia lineal de la serie.

En este caso tampoco se observó una tendencia clara de incremento en los valores medios anuales, cuyo promedio es casi exactamente igual al de la serie larga (872 mm), con una tendencia de incremento anual para el período 1980-2014 de 0,4 mm/año (menor que la de la serie larga). No obstante en esta última serie se incrementó la frecuencia de años extremos, ya que se observaron 3 de los 6 valores de lluvia anual superiores a los 1400 mm, y se dio el valor máximo de la serie en el año 2012, con más de 1.500 mm, el único valor con recurrencia centenaria (probabilidad de un evento en 100 años)

Bajo la hipótesis de que los incrementos del nivel freático se correlacionaron con un aumento de las precipitaciones invernales, época de menor evapotranspiración, se

analizó la serie de lluvias medias de Mayo, Junio, Julio y Agosto y su tendencia para la serie 1980-2014. Los datos no mostraron ninguna tendencia que permita validar la hipótesis, por lo que se puede afirmar, con la información disponible, que no hay un incremento en las precipitaciones invernales que expliquen los incrementos de la freática.

Analizando el balance hídrico (BH) de esta serie (precipitación menos evapotranspiración potencial, ETP), tomando los valores de ETP de Thornwaite de la carta de suelos de INTA (1978), asumiendo que los valores de ETP son constantes a través de la serie, no se observa un incremento significativo en los valores medios de BH (Figura 5), no obstante hubieron 3 años con valores muy positivos (1993, 2002 y 2012), que explicarían en parte, los incrementos en los niveles freáticos observados en la zona durante este período.

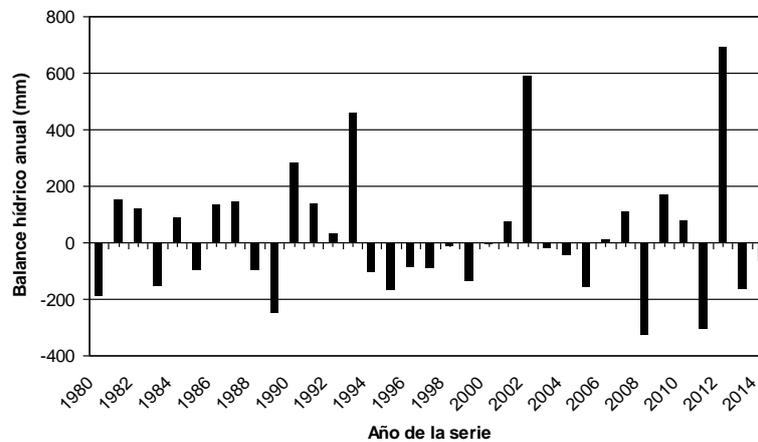


Figura 5: Balance hídrico anual para el área de Corral de Bustos, para la serie 1980-2014, tomando valores constantes de ETP (INTA, 1978).

En síntesis, no puede observarse una relación clara entre precipitaciones locales y ascenso de niveles freáticos para la serie histórica de datos. La información de aguas subterráneas de finales de la década del 70 aportada por la carta de suelos de INTA (1978), muestra que, para la zona de Monte Buey los niveles freáticos oscilaban entre 6 y 22 m, con los valores más representativos entre 10 y 12 m, con lo cual podría decirse que el ascenso de niveles freáticos operado en los últimos 30 años es del orden de 8 a 10 m.

Al no seguir la lluvia una tendencia creciente, es probable que el ascenso freático se deba al otro componente básico del balance de agua en la napa, la evapotranspiración real. En este sentido, observando la Figura 4, se desprende que, para los cuatro valores mayores de la serie, el acumulado de excesos hídricos es cercano a los 2.000 mm. Por lo tanto y, asumiendo una relación de 1:4 entre mm de lluvia y ascenso de napa, la resultante implicaría un aumento neto de 8 m en el nivel freático, aproximadamente.

Otra posible causa que podría haber favoreció la recarga del sistema hídrico es la pérdida de la capacidad reguladora de las charcas o lagunas temporarias (por colmatación y/o canalizaciones) aumentando el escurrimiento superficial y subterráneo, concentrando más agua en menos superficie.

II.3. Caracterización del comportamiento de las napas

El análisis del comportamiento de las napas se realizará en base a datos aportados por productores de la zona de Corral de Bustos y Marcos Juárez, recopilados por la AER Corral de Bustos y cedidos para este informe. La serie utilizada para la modelación proviene de un freatómetro ubicado a 12 km al sur de Marcos Juárez, que registra datos desde Noviembre de 2006 (en adelante Freat. Lote 8). Se utilizaron además datos históricos de profundidad de napas aportados por la carta de suelos Marcos Juárez, correspondientes a finales de la década del 70.

El Freat. Lote 8, se encuentra ubicado en una zona deprimida, entre dos lagunas, por lo que podría considerarse una situación relativamente extrema, que puede estar sujeta a otro tipo de recargas de freática, como pueden ser aportes de escurrimientos superficiales o drenaje de canales, por lo cual los modelos que de él se derivan deben considerarse como la mejor aproximación que fue posible lograr con la información disponible.

La oscilación de la freática del período finales 2006 a la actualidad para el Freat. Lote 8 se muestra en la Figura 6. Como puede observarse en el período fines de 2006 a la actualidad hubo 5 eventos de anegamiento para esta particular situación topográfica, la que podría considerarse una condición de media loma baja. Bajo estas condiciones la probabilidad de anegamiento (napa freática en o muy cerca de la superficie) estaría en el orden del 50% al 60%, o una vez cada 2 años.

Existen diversos modelos físicos (Degioanni *et al.*, 2006) o empíricos (Cisneros *et al.*, 1997) para describir y, eventualmente, simular el comportamiento de la freática. Los modelos físicos tienen en cuenta los diversos procesos edafoclimáticos que determinan la oscilación de la freática: lluvia diaria, ETP diaria, constantes hídricas del suelo, vegetación, etc. y requieren complejos procedimientos de calibración. Los modelos empíricos surgen del análisis del fenómeno y, si bien tienden a simplificarlo, requieren menor cantidad de información para su desarrollo.

Por la índole de este informe, se optó por desarrollar un modelo empírico, en base a la información freatimétrica y climática disponible, para caracterizar la relación entre oscilación de la freática con el balance hídrico y con algún parámetro de suelo que permita deducir la variación del nivel freático por cada mm de lluvia o ETP ocurrido entre el período de medición. Este parámetro se denomina porosidad drenable (o coeficiente de drenaje) y será derivado de los datos freatimétricos.

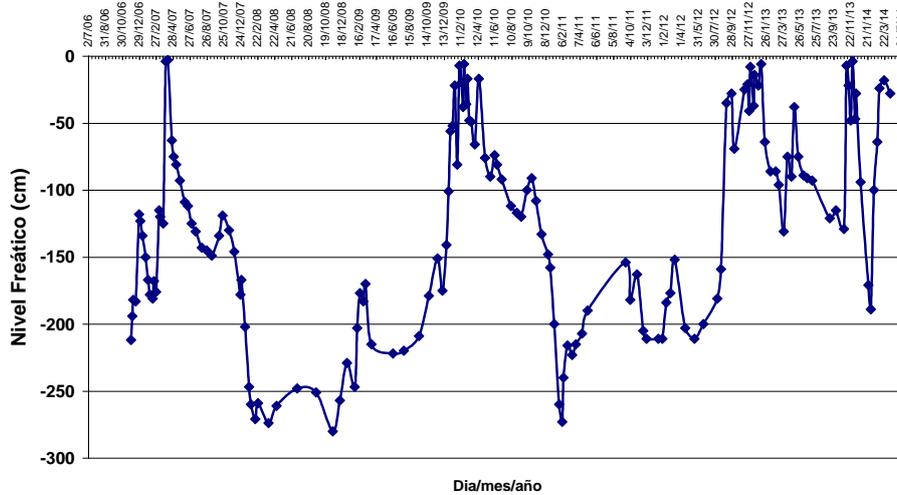


Figura 6: Oscilación del nivel freático para el Freat. Lote 8 (12 km al sur de Marcos Juárez) para la serie Noviembre 2006-Abril 2014.

La forma general del modelo es la siguiente:

$$\Delta NF_{t_2-t_1} = \frac{0,1}{\mu} (PPT - ETP)_{t_2-t_1} + e$$

donde:

$\Delta NF_{t_2-t_1}$ = Variación del nivel freático entre el período t_1 y t_2 , medido en cm,

μ = porosidad drenable = SAT – CC (en tanto por 1)

SAT = contenido de agua a saturación (aproximadamente 50% v/v)

CC= contenido de agua a capacidad de campo (entre 10 y 30 % v/v según el tipo de suelo)

$PPT-ETP_{t_2-t_1}$ = precipitación menos evapotranspiración entre t_1 y t_2 (mm, el valor del coeficiente 0,1 resulta del paso de mm a cm)

e = coeficiente de error

Con los datos aportados de nivel freático y precipitación, asumiendo una ETP constante e igual a la de Thornwaite (INTA, 1978) se calibraron dos modelos: uno con todos los datos de toda la serie (2006-2014), y otro sólo con los datos de los últimos dos años (2011-2014), a los fines de reducir la propagación de errores, para luego usarlo en simulaciones cortas. Los modelos obtenidos fueron los siguientes:

Modelo 1 (serie 96-14): $\Delta NF=0,1/0,24*(PPT-ETP)-4,37$

Modelo 2 (serie 11-14) $\Delta NF=0,1/0,15*(PPT-ETP)-8,99$

En la Tabla 2 se indican los valores de ajuste de niveles freáticos obtenidos con cada uno de los modelos, y en la Figura 6 se ilustra visualmente el grado de ajuste para el modelo 1.

Estos modelos permiten explicar entre un 62% y 70 % del comportamiento de la napa, lo que para esta primera aproximación, puede considerarse satisfactorio, en especial porque logran describir adecuadamente los valores máximos, es decir los que ponen en riesgo de anegamiento a las tierras. El modelo 2 mostró un mejor nivel de ajuste aunque está desarrollado con un número menor de datos. Cabe consignar que la validación de ambos modelos utilizados para simular datos de otros freáticos de la región fue satisfactoria, por lo que pueden considerarse como herramientas útiles para análisis de escenarios de corto plazo.

Tabla 2: Valores de niveles freáticos observados y estimados.

Modelo 1			
Nivel freático (NF)	Estimado	Observado	Diferencia
NF Promedio (cm)	-144	-128	-16
NF Máximo (cm)	-28	-3	-25
NF Mínimo (cm)	-284	-280	-4
R ² = 62 %			
Modelo 2			
NF Promedio (cm)	-73	-69	-4
NF Máximo (cm)	-4	0	-4
NF Mínimo (cm)	-189	-169	-20
R ² = 70 %			

Nota: NF = nivel freático

En términos prácticos, los modelos nos indican que por cada mm de lluvia que llega a la freática, la misma asciende entre 4 y 6 mm (debido a que los valores de porosidad drenable están entre 25 y 16 %, respectivamente). La misma relación, pero de descenso, ocurre cuando el balance hídrico es negativo. Si consideramos que durante los últimos 30 años las freáticas en la región ascendieron entre 8 y 10 m, significa que las napas recibieron en el orden de 2000 a 2500 mm netos de percolación neta en el período, con un promedio de entre 60 y 80 mm por año de recarga neta. No obstante en años muy húmedos (como los señalados en el capítulo anterior) y en forma puntual, esa recarga pudo haber sido mucho mayor.

La mayor recarga de napas está asociadas a los cambios en el uso del suelo operados a partir de la década del 70 y las prácticas de manejo de suelo. El cambio de uso de suelo debido a la mayor superficie de suelo utilizada para agricultura y las prácticas de siembra directa que ahorran pérdidas de agua por evaporación. Algunas investigaciones dan cuenta de estas tendencias a nivel de la región pampeana y chaqueña (Nosetto et al., 2012).

En este sentido, son ilustrativas las cifras informadas por Frank y Viglizzo (2012). Los autores estimaron un consumo promedio de agua anual en los cultivos de trigo, maíz, girasol, soja de 186 mm(s=83), 544 mm (s=207), 222 mm(s=108) y 343 mm (s=100) respectivamente. Nota: entre paréntesis se informa el desvío estándar (s). En tanto, estimaron un consumo promedio anual de agua para la producción bovina de carne y de leche de 878 mm(s=1.169) y 1116 mm (s=1.316). Bajo riego el consumo del cultivo de soja fluctúa entre 700 y 800 mm (Giayetto comunicación personal). Las observaciones de un [productor agropecuario](#) sobre el efecto del cultivo de inviernos en el consumo de agua y la reducción del nivel de napa medido al oeste de Marco Juárez confirma y muestran con datos el fenómeno a nivel local (TRUTV, 2013). Consecuentemente, el excedente no consumido de agua por los cultivos anuales generalizados en las tierras de aptitud agrícola en la región centro este de la provincia de Córdoba percola y recarga las napas freáticas locales.

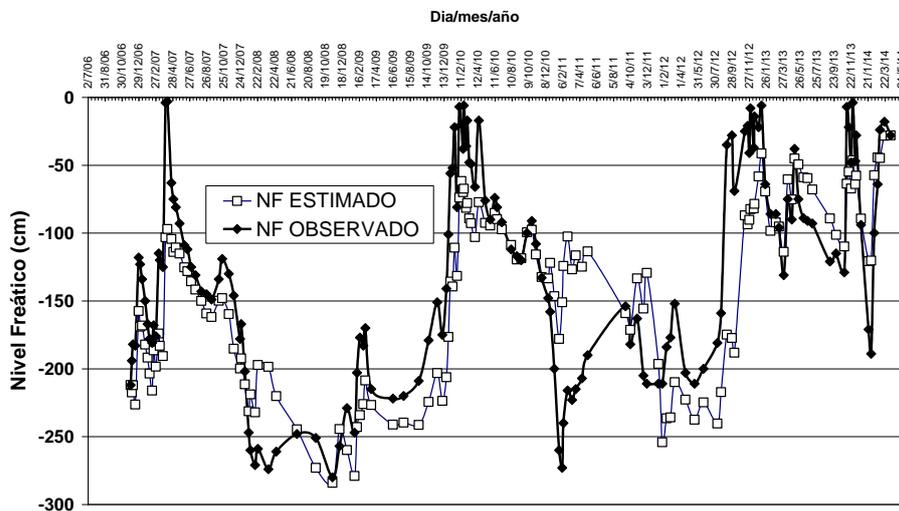


Figura 7: Valores observados y estimados por el modelo 1 para el Freat. Lote 8.

A los fines de examinar el comportamiento del modelo 1 desde una perspectiva de largo plazo (30 años), se procedió a correr una simulación “en retroceso”, es decir simulando hacia el pasado cual sería el comportamiento de la napa, alimentando el modelo con datos históricos de lluvia media mensual y ETP mensual. Los resultados se muestran en la Figura 7, en la cual puede observarse que la tendencia en el comportamiento de la napa parecería responder a la evidencia histórica. Como se observa en la Figura 8 el nivel de la napa en el año 1980 estaría en el orden de 14 m.

En síntesis, el comportamiento de la napa ha tenido un ascenso de entre 8 a 10 m en los últimos 30 años, lo que indica una recarga neta del orden de 2000 mm en el período. El modelo empírico desarrollado permitió describir adecuadamente el comportamiento de la napa en el corto plazo, y dio indicios claros de su evolución pasada. No obstante deberían desarrollarse modelos físicos más completos para examinar cual ha sido el

papel del cambio de uso del suelo en el fenómeno de ascenso del nivel freático y aumento de la frecuencia de anegamiento e inundación de las tierras en la zona.

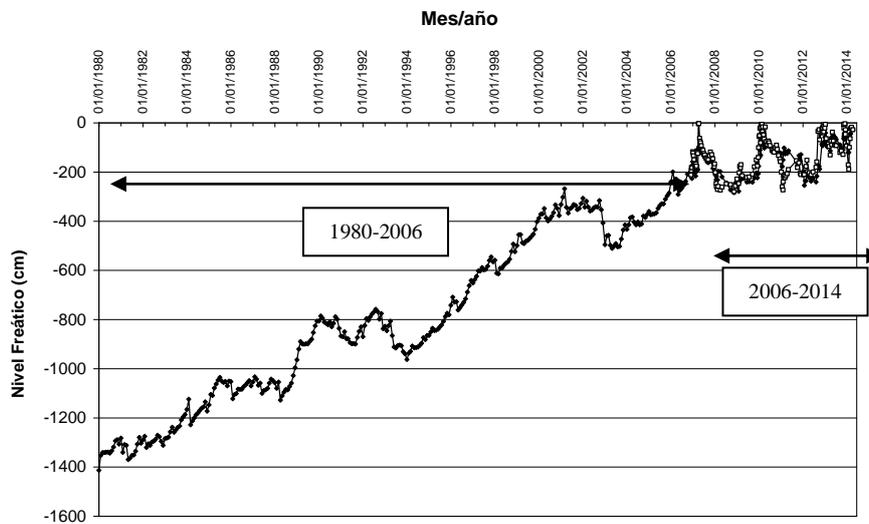


Figura 8: Posible evolución de la napa entre 2006 a 1980 estimada con el modelo 1. (Línea con cuadrados negros representa el nivel freático estimado, línea con cuadrados blancos representa el nivel freático observado)

II.4. Efectos benéficos de la napa freática sobre los cultivos

La napa freática cercana a la superficie es un componente natural de las tierras mal drenadas de la región pampeana, en las que predominan suelos salino-sódicos. En los sectores más elevados del relieve, la napa puede constituirse en un factor de incremento de la productividad debido a la disponibilidad hídrica en la franja capilar. Dicha franja es el espesor de suelo por encima del nivel freático, que cuenta con un contenido hídrico de entre 200 y 300 mm de agua útil, dependiendo de su contenido salino. La franja capilar tiene un espesor variable entre 0,8 y 1,2 m, según la textura del suelo.

Diversas investigaciones dan cuenta de los impactos de la napa freática en la producción de girasol, soja, maní y maíz. Sainz (2008) encontró diferencias de 2000 kg de girasol entre lomas sin acceso a la napa y bajos con napa a 1,2 m. Para condiciones similares Scilingo et al. (Scilingo *et al.*, 2012) encontró diferencias del orden de 6000 kg de maní en caja entre loma y bajo, y de entre 4300 y 4800 kg en soja.

La profundidad de napa ideal se encuentra entre 1,2 y 2,5 m, ya que desde allí la franja capilar puede ser alcanzada por las raíces de los cultivos, en especial los anuales.

La salinidad máxima de la napa que puede soportar un cultivo es variable, aunque la disponibilidad hídrica se reduce con valores de salinidad superiores a 5 dS/m de conductividad eléctrica (medida del grado de salinidad).

II.5. Pronóstico de riesgo de anegamiento-inundación para el ciclo agrícola 2014-2015

Los pronósticos de riesgos por anegamiento se realizan para las tierras de aptitud agrícola que han sufrido anegamientos - inundaciones, se excluyen del análisis las tierras de aptitud ganadero, en los cuales la napa freática es una limitante de tipo permanente. Se toman como base los modelos incorporados en el Sistema de Alerta Temprana: Pronóstico de Inundaciones por Anegamiento en el Sur de Córdoba (www.proin.unrc.edu.ar o www.proin-unrc.com.ar) desarrollado por la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Los pronósticos se realizarán según cuatro criterios básicos:

1. Definición de profundidades críticas para separar ambientes y riesgos o potencialidades asociadas,
2. Pronóstico del clima global según informes actualizados de INTA en base a ENSO, para definir el escenario climático,
3. Uso del modelo 2 para pronosticar la posible oscilación de la freática en el período Junio 2014-Junio 2015, para diferentes profundidades de partida de la napa.
4. En base al pronóstico se elaboran las recomendaciones de uso y manejo para cada situación.

Profundidades críticas

Para las tierras agrícolas pueden definirse 4 alturas o niveles críticos de la napa freática, que serán tomados como base para definir tipos de ambientes y riesgos asociados. Se describen a continuación:

- **Ambientes anegados con riesgo de falta de piso:** La napa freática está por encima de 40 cm de profundidad. En estas condiciones los suelos pierden su capacidad soporte, y los vehículos se entierran, produciéndose el atascamiento o “fuellado” de los campos cuando son transitados, en especial con maquinaria pesada como carros, cosechadoras e inclusive sembradoras.
- **Ambientes con riesgo de salinización:** Cuando la napa freática está por encima de 100 cm de profundidad (profundidad crítica), el ascenso capilar (subida de agua desde la napa hacia la superficie) es capaz de salinizar la superficie del suelo, si el contenido de sales de la napa es relativamente alto (mayor a 4 dS/m). Con napas más dulces y por períodos cortos, el peligro de salinización se reduce, por lo cual en estas condiciones el suelo puede soportar el uso agrícola.

- **Ambientes con moderado riesgo de salinización y anegamiento:** La napa se encuentra entre 100 y 150 cm. En esa profundidad el riesgo de salinización es bajo, pero aún persiste el riesgo de que un año húmedo pueda anegar el suelo. Son ambientes en donde debe asumirse un cierto riesgo de pérdida de piso en alguno de los períodos críticos del cultivo: siembra o cosecha, tanto de fina como de gruesa.
- **Ambientes con profundidad ideal de napa:** La profundidad oscila entre 150 y 250 cm, y es en este tipo de situaciones donde se dan las mayores posibilidades de aporte hídrico de la napa al cultivo, y el riesgo de anegamiento es bajo.
- **Ambientes independientes de la napa:** La napa está por debajo de los 250 cm y por esa razón no constituye un aporte hídrico importante; no obstante el riesgo de salinización y anegamiento es casi nulo. En estas condiciones el aporte hídrico al cultivo depende exclusivamente de las precipitaciones y el agua acumulada en el perfil.

Pronósticos climáticos. Escenarios.

Los pronósticos climáticos sugieren para el próximo año una probabilidad de ocurrencia del fenómeno El Niño (www.climayagua.inta.gob.ar), con lo cual cabría esperar lluvias medias o por encima de la media. En la Figura 9, se indican las probabilidades de ocurrencia del fenómeno El Niño, según el último informe de INTA. En ella se observa que para todo lo que resta de 2014 y el primer trimestre de 2015, las mayores probabilidades son de un año Niño con aproximadamente el 70% (valor promedio), seguidas por un año neutro (valor promedio del 28%) y con 2% de probabilidades de ocurrencia de un año Niña.

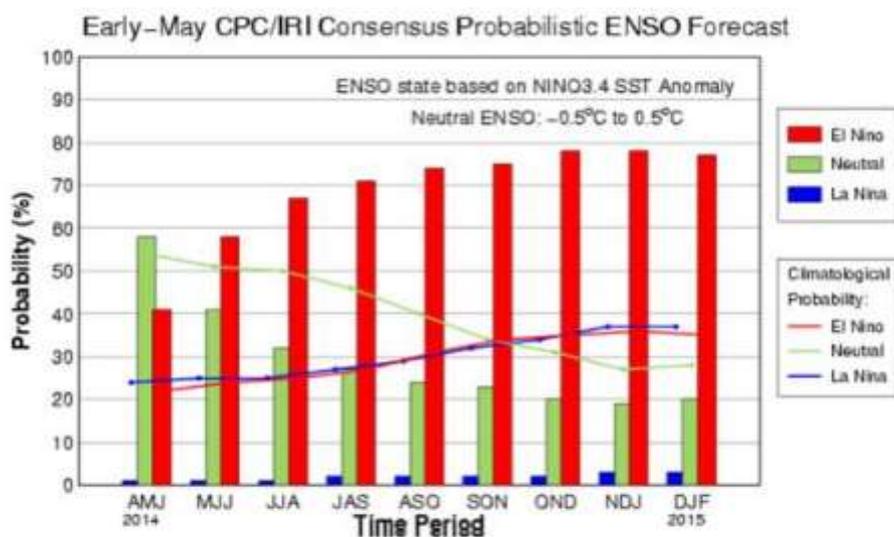


Figura 9: Probabilidades de ocurrencia del fenómeno El Niño durante el próximo ciclo

Fuente: www.climayagua.inta.gob.ar

En base a estos pronósticos se simulará la variación de niveles freáticos tomando una serie de precipitación de los últimos 13 años (aportada por INTA Corral de Bustos), que arroja una media de 1005 mm, un 15 % superior a la media histórica de 872 mm.

Simulación del comportamiento freático 2014-2015

La simulación del comportamiento de la napa freática para el periodo 2014-2015 se realiza bajo el pronóstico de año “Niño”. Se analizan cuatro situaciones representativas del estado actual de campos o lotes bajo riesgo: napa en superficie, napa a 40 cm, napa a 100 cm y napa a 150 cm. Se considera que estas situaciones son las que generan más incertidumbre futura, en especial sobre los riesgos de siembras, tanto de fina como de gruesa. Se reitera que los pronósticos asumen condiciones de año un 15 % por encima del promedio, utilizando el modelo 2 ya discutido y bajo condiciones de similar evapotranspiración potencial a las históricas.

Para interpretar estos pronósticos es necesario analizar la situación de partida, ya sea mediante mediciones in situ, o a través de la medición con freatómetro. Se recomienda hacer una serie de mediciones de napa en los lotes problema, a los fines de sectorizar las situaciones más críticas, a los fines de poder decidir esquemas tecnológicos según los ambientes del lote.

La profundidad de la napa puede ser parcialmente gestionada con el aprovechamiento del agua a través de cultivos, implantación de pasturas anuales o perenes de alta producción de biomasa y consumo de agua.

Lotes con napa en superficie

Para campos con napa en superficie se observa severa limitaciones para instalar cultivos tanto invernales como estivales, en virtud de que existe una alta probabilidad de que las condiciones de anegamiento en superficie se mantengan hasta los meses de agosto y septiembre, y a partir de Marzo de 2015 (Figura 10).

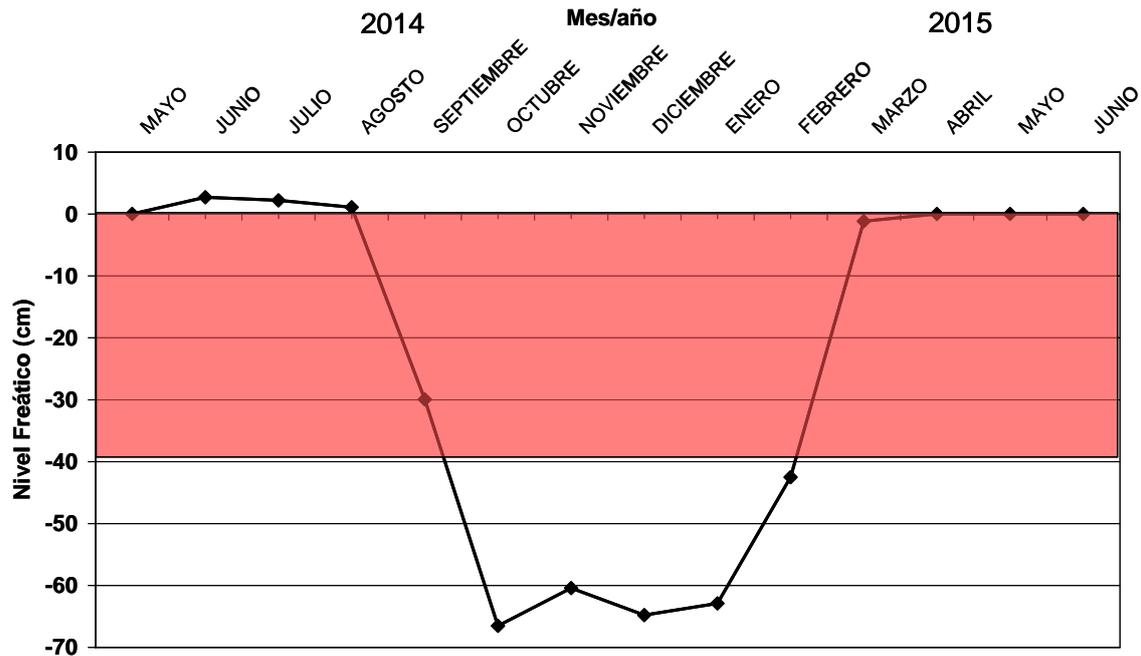


Figura 10: Posible oscilación de la freática para el período 5/14 a 6/15 para una condición inicial de suelo anegado. (La franja en rojo representa la zona crítica por falta de piso).

Para el caso de que existan condiciones de piso, se considera que la única posibilidad productiva sería la siembra de trigo u otras gramíneas de ciclo corto en el mes de agosto dado que las condiciones de piso para la cosecha no serían tan limitantes, y que es probable que durante la época de cosecha se mantengan las condiciones de piso.

El resto de las opciones productivas, tanto soja como maíz, se consideran de alto riesgo por la posibilidad de anegamiento durante el próximo otoño.

Para aprovechamiento de estos sitios con ganado vacuno u otro reducir el tránsito de los animales para su alimentación, reducir la presión de pisoteo en los sitios anegados y considerar los momentos más oportunos de cosecha de forraje. Es importante que la base de alimentación sea sobre pasturas, pastizales, o de alto consumo de agua.

Lotes con napa a 40-50 cm

En estos ambientes el nivel freático comienza a descender a partir de junio y se registra una nueva condición de anegamiento pero en este caso con probabilidad de ascender hasta superficie en el período abril-mayo de 2015 (Figura 12).

Para esta condición puede incorporarse la opción de realizar un maíz muy temprano con posibilidad de cosecha sobre fines de marzo, donde aún se mantendrían las condiciones de piso. Siempre haciendo la salvedad de que el pronóstico se realiza para un año normal y que las condiciones podrían agravarse si el año se presenta muy lluvioso.

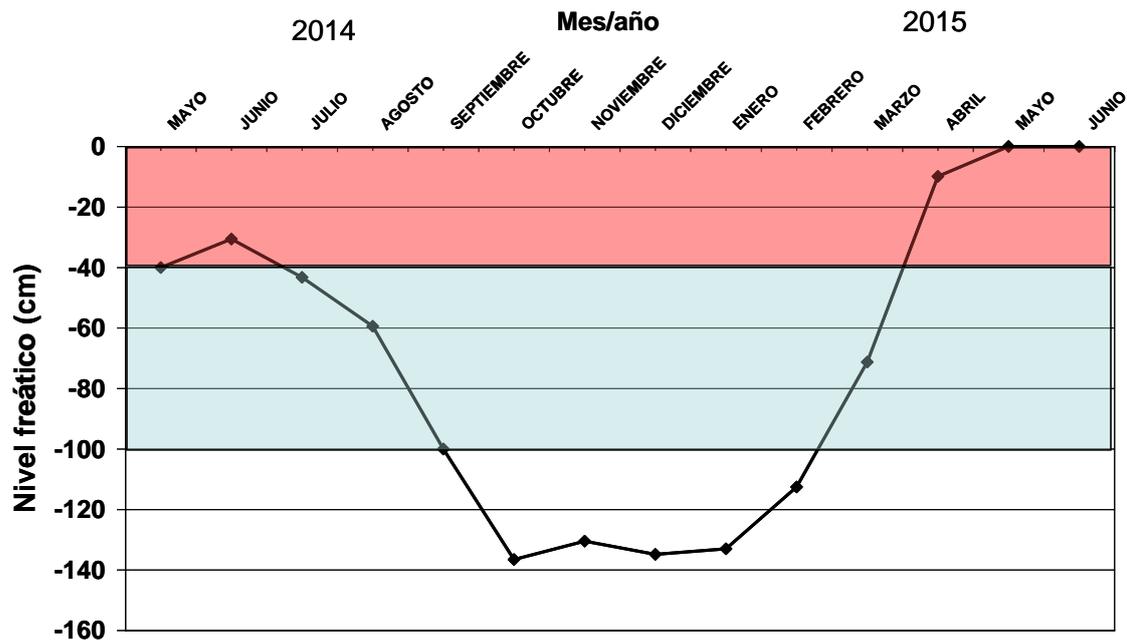


Figura 12: Posible oscilación de la freática para el período 5/14 a 6/15 para una condición inicial de suelo con napa a 40 cm. (La franja en celeste representa la zona crítica por riesgo de salinización de la superficie del suelo).

Una segunda alternativa sería la realización de una siembra temprana de soja de ciclo corto (grupo de madurez III, fin de octubre) que se cosecharía en la segunda quincena de febrero, o primera quincena de marzo. Ciclos más largos, o siembras posteriores a esa fecha implicarían alto riesgo de falta de piso en cosecha.

Una tercera alternativa sería un cultivo de cobertura o trigo de cosecha en el mes de agosto y luego maíz de segunda, opción que permitiría una trilla después de agosto cuando comience a descender el nivel freático.

La opción trigo soja de segunda para este tipo de situación se considera de alto riesgo debido a que existe una alta probabilidad de anegamiento en superficie en los meses en que se cosecha la soja (abril-mayo 2015).

Existe una alta probabilidad de anegamiento en superficie sobre fines de marzo abril y mayo que podría anticiparse en caso de darse un año con precipitaciones superiores al normal; dicha condición de anegamiento pondría en riegos la cosecha de la soja de ciclo corto por falta de piso y condicionaría la viabilidad de realizar el maíz ya que de darse un anegamiento prolongado mataría las plantas.

Para las operaciones labranza, de siembra, de protección de cultivos, y de cosecha revisar las condiciones tamaño, peso de los equipos (reducir tamaño y peso de los equipos) y los sistemas de distribución del peso en los neumáticos (diseño, presión de inflado, sistemas duales). En el largo plazo, pensar en el diseño de los equipos apropiados para utilizar sitios de alta productividad.

Lotes con napa a 100 cm

Para estas situaciones no se esperan condiciones de anegamiento durante 2014, ni tampoco condiciones de riesgo de salinización del suelo. No obstante, durante 2015 podrían generarse condiciones de riesgo de falta de piso hacia mayo-junio (Figura 12).

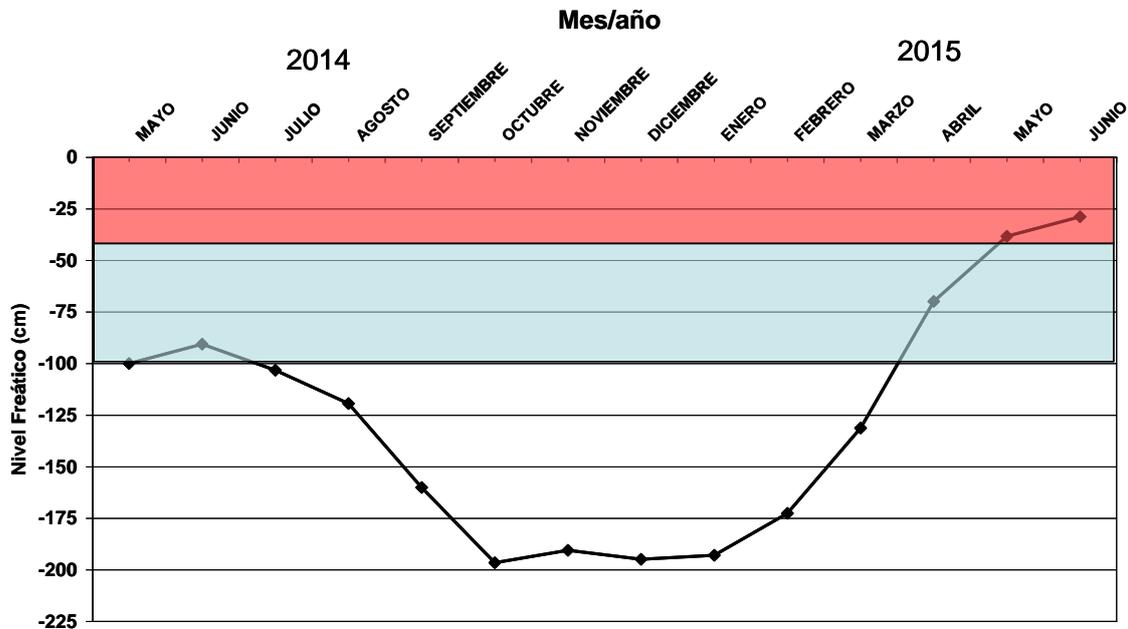


Figura 12: Posible oscilación de la freática para el período 5/14 a 6/15 para una condición inicial de suelo con napa a 100 cm.

Para este tipo de ambientes se observan menos limitaciones, incluso con abastecimiento hídrico complementario para los cultivos por aporte de la napa. La situación de más riesgo se observa para la rotación-trigo soja, en donde existirían problemas para cosechar el cultivo de soja, en el caso, que la cosecha se programe realizar en el mes de mayo o posterior.

Si bien son situaciones con riesgo a cosecha, presentarían un alto potencial de producción por el riego subterráneo de la napa. No obstante las recomendaciones de cultivos de soja de ciclo corto (grupo de madurez III o IVcorto), con cosecha temprana, siguen teniendo validez, aunque bajo un escenario de mucha mayor productividad y menor riesgo relativo que las anteriores.

Para todas las situaciones deberán monitorearse en terreno las precipitaciones y los posibles efectos del cultivo o pastos sembrados en el nivel de la napa, para las decisiones operativas.

Lotes con napa a 150 cm

Bajo estas condiciones no se advierten riesgos hídricos de ningún tipo para el ciclo agrícola 14/15 (Figura 13), siendo las situaciones más favorables desde el punto de vista del aporte hídrico desde la napa.

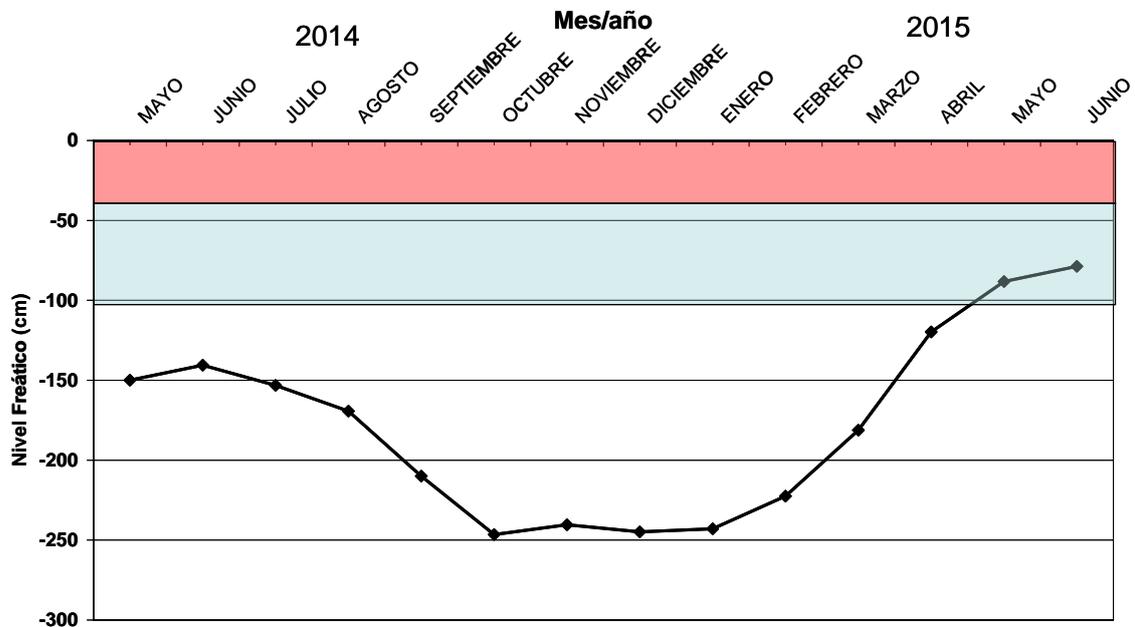


Figura 13: Posible oscilación de la freática para el período 5/14 a 6/15 para una condición inicial de suelo con napa a 150 cm.

Son situaciones sin limitaciones de uso del suelo, para la cuales se recomiendan los esquemas tecnológicos de mayor avanzados que aprovechen la totalidad del agua de lluvia en el lugar. Evitando los aportes ya sea superficiales o por recarga de napa de excedentes pluviales.

III. Propuestas de inmediato, corto y mediano plazo

El fenómeno de inundación-anegamiento debido a la elevación de los niveles freáticos en la región no puede explicarse solamente por un aumento de las lluvias medias, sino que reconoce además como causa probable el cambio de uso del suelo y prácticas de manejo, que determinaron una menor evapotranspiración anual y el aumento de presión de recarga local debido a menores tiempos de concentración del escurrimiento superficial por pérdida de la capacidad reguladora de los humedales. Durante los últimos años las freáticas habrían recibido entre 60 y 80 mm anuales de recarga neta por percolación. A corto plazo se observa un escenario muy comprometido de la región en función de la condición de anegamiento – inundación actual y el pronóstico climático.

Por ello, es importante remarcar las necesidades de actuación inmediatas para remediar los daños, recomponer capacidades productivas y económicas, y reducir el riesgo sanitario y la vulnerabilidad de las poblaciones urbanas y rurales. Actuaciones de corto plazo para preparar la población y particularmente los productores agropecuarios para incluir las altas probabilidades de intensificación del fenómeno de inundación – anegamiento y actuaciones de mediano y largo plazo para ordenar las actividades en el medio rural que permitan aprovechar los excedentes hídricos y atenuar ambos efectos de inundación y sequía.

Actuaciones inmediatas

En primer lugar, se debe considerar que las poblaciones de Corral de Bustos, Isla Verde, Monte Maíz, Marco Juárez, Colonia Bremen y otras en similar situación de los departamentos Marco Juárez y Unión deben ser puestos en la agenda de actuaciones del Estado provincial y Nacional por los riesgos sanitarios, problemas en la infraestructura urbana y pérdida de conectividad urbano-rural.

En segundo lugar es menester prepararse o anticiparse a la posible asistencia a los productores agropecuarios debido a la magnitud de la inundación que pone en riesgo la pérdida de cosecha del año 2013/2014 por imposibilidades de cosechar (45.500 ha). En este sentido, la posibilidad del pedido de emergencia agropecuaria a la comisión provincial responsable en el marco de la Ley 26.509/2009 “Sistema nacional para la prevención y mitigación de emergencias y desastres agropecuarios”.

La Ley ordena las siguientes acciones:

- a) Planificación, organización e implementación de acciones de determinación y/o monitoreo y/o prevención y/o morigeración de los riesgos...;
- b) Identificación y evaluación del nivel de vulnerabilidad, sistemas de alertas, el uso de la tierra, protección actual de sitios más vulnerables;
- c) Establecer las directrices de actuación previa a la ocurrencia de los eventos climáticos, meteorológicos, biológicos, telúricos o físicos que puedan potencialmente crear situaciones de emergencia y/o desastre agropecuario;
- d) Colaborar con los gobiernos provinciales para la asistencia a los productores agropecuarios para organizar y poner en funcionamiento programas integrales de prevención y reducción de los niveles de vulnerabilidad ante las situaciones de emergencia y/o desastre agropecuario y preparar a la población rural para actuar ante la ocurrencia de los mismos;

Además, la Ley 26.509/2009 contempla recursos financieros para reducir la vulnerabilidad a nivel de productor, como así también, fortalecer las instituciones locales, regionales y provinciales para luchar contra las inundaciones.

Actuaciones de corto plazo

En primer lugar, nuevamente preparar las poblaciones urbanas para que elaboren sus planes de contingencia por la inminente continuidad de los problemas de anegamiento y particularmente, ver los efectos directos de las obras de evacuación sobre otras poblaciones urbanas en las cuencas hidrológicamente subordinadas (dado que las acciones de emergencia en algunos casos conectan cuencas cerradas).

A nivel de los productores, se propone considerar la clasificación de tierras de acuerdo al riesgo de anegamiento, para cualquier tipo de contrato de uso de la tierra, arrendamiento, aparcería o contrato accidental. En estas condiciones particulares los riesgos de pérdidas de producción son altos y deben ser previstas medidas especiales para este tipo de arreglo, definiendo claramente como compartir el riesgo de pérdida entre propietario y las distintos tipos de tenedores.

Esta situación exigirá a los productores una zonificación o sectorización de los ambientes sujetos a anegamiento-inundación de su predio, a un monitoreo periódico de los niveles freáticos y una toma de decisiones de corto plazo, con el asesoramiento de un profesional competente en función de la dinámica climática y de las napas freática. Por ello, el productor debe seguir medidas preventivas y precautorias para reducir el riesgo, en primer lugar, considerando los contratos de alquiler de la tierra y en segundo lugar las decisiones de producción y manejo.

Contemplar las sugerencias de implantación de cultivos u otras actividades en los campos función del nivel de profundidad de la napa.

Actuaciones de mediano y largo plazo

El ordenamiento del territorio en el medio rural es el desafío mayor para autoridades políticas y los actores dado que significa asumir un rol protagónica de las actividades agrarias, de las infraestructuras rurales, de conectividad rurales urbanas, de protección de las poblaciones urbanas para reducir la vulnerabilidad futura de la población a situaciones extremas de inundación - sequía, y aprovechar los recursos en forma integral y permanente (Degioanni *et al.*, 2012; Degioanni *et al.*, 2013; Pereyra *et al.*, 2013). Las posibles acciones para ordenar el territorio pueden organizarse en componentes articulados a nivel de un plan de ordenamiento territorial en el medio rural. Al menos se sugiere desarrollar los componentes: hidráulico vial, agrario, protección urbana y zonas de amortiguación, político institucional, e investigación desarrollo e innovación

Componente hidráulico-vial. El objetivo de este componente es minimizar los daños ocasionados por el proceso de anegamiento-inundación en la infraestructura urbana y rural. Deberá ordenarse la red de desagüe, red de caminos aislada de la red de desagüe, recuperar la capacidad reguladora de escurrimiento en los humedales naturales o artificiales de excedentes hídricos. Se deberán planificar y establecer alternativas para el manejo de cuencas cerradas incluyendo como áreas estratégicas los humedales

(reservorios y reguladores de caudal) la red de desagüe, y la red vial. En los estudios ejecutivos de canalización, tanto de drenaje como de desagüe, deberá tenerse especial atención en los diferentes contenidos salinos de las freáticas que se están drenando, para evitar contaminación salina entre depresiones.

Finalmente, elegir la alternativa técnica de mejor desempeño y gestionar su ejecución, monitorear el desempeño y actuar en consecuencia para reducir al mínimo los recursos usados para garantizar la conectividad rural urbana y la atenuación de los daños en situaciones extremas de lluvias o sequías.

Componente agrario. El objetivo es lograr el máximo aprovechamiento del recurso hídrico, de las tierras y reducir las pérdidas por anegamiento en la producción agropecuaria. Involucra acciones dirigidas a mapear los campos en función de la profundidad de la napa y clasificar las tierras de acuerdo al riesgo de anegamiento-inundación actual. También, es necesario analizar el uso del suelo y las tecnologías que se están implementando a fin de incorporar las variantes que posibiliten aumentar el consumo y aprovechamiento anual de agua, maximizando la evapotranspiración de cultivos, pastos, pastizales y bosques. La lógica del componente es similar: identificar las alternativas técnicas, seleccionar la de mejor desempeño, ejecutar, monitorear, evaluar y actuar en consecuencia.

En relación a extensión agraria, se sugiere incorporar la problemática a las agendas de las instituciones públicas vinculadas al medio rural en el área para sensibilizar a los productores y a la comunidad rural sobre la necesidad de actuar colectivamente para resolver este tipo de problema. Desalentando obras aisladas.

Componente de protección urbana y zonas de amortiguación. El objetivo es preparar a la población urbana para mitigar y controlar los riesgos de anegamiento e inundación. Deberá planificarse el aislamiento hídrico de las poblaciones con riesgo de inundación y anegamiento, mediante sistemas de canalización/alteos y eventualmente bombes localizados.

Componente político institucional. El objetivo del componente es coordinar las actuaciones institucionales en el territorio, facilitando las instancias de participación que correspondan, para la elaboración del Plan de ordenamiento de territorio en el medio rural y por otro lado, para lograr que cada institución, organización y entidad existentes o necesarias de crear pueda materializar en forma coordinada y articuladas las acciones ordenadas en el territorio, desarrollar integralmente el monitoreo y evaluación y actuar en consecuencia.

Componente investigación – desarrollo e innovación. El objetivo del componente es el desarrollo y/o ajuste de conocimientos, tecnologías y sistemas de transferencias – extensión que potencien la innovación aprovechando el potencial productivo, sin menoscabar las posibilidades de desarrollo de las generaciones venideras y de los otros usuarios de recursos, cuencas abajo. Se debe considerar: a) modelos productivos y

tecnológicos para la producción agraria en condiciones de sequía y de excesos hídricos, b) aprovechamiento integral y equilibrado de los recursos naturales renovables; c) sistema de monitoreo y pronóstico de eventos extremos, d) infraestructura y equipamientos para realizar una agricultura ajustada a las condiciones locales, e) infraestructura, equipamiento, e instalaciones ajustadas a las condiciones locales de la ganadería; f) desarrollo de nuevas actividades y formas de aprovechamiento de los recursos.

Finalmente, hacemos notar que los escenarios descriptos remarcan la necesidad alertar a las instituciones y organizaciones públicas y privadas para que anticipen las posibles actuaciones en la problemática hídrica fundamentado en la situación actual de inundación anegamiento y en los pronósticos climáticos con alta probabilidades de “Niño” y sus efectos sobre la inundación en el corto plazo. Sin embargo, hacemos notar que deben precisarse la información para el diagnóstico que permita desarrollar planes de contingencia para mitigar las pérdidas productivas, económicas y ambientales importantes en la región centro este de la provincia de Córdoba si se materializan los pronósticos. Por otro lado, en el caso que no se materialice el pronóstico será importante prepararse para el futuro porque es esperable eventos naturales más agudos, y duraderos, ya sean de sequía o inundaciones.

IV. Reflexiones finales

La economía del agua constituye el factor de clave de la producción de las tierras en los ambientes llanuras pampeana con relieve normal y subnormal con suelos “pesados” con alto contenido de arcilla limo como los del centro este de la provincia de Córdoba.

El manejo de las tierras, agua y vegetación debe considerar que los fenómenos de inundaciones y sequías están asociados y son recurrentes. Por lo tanto, el manejo de la napa freática constituye un recurso estratégico para la producción y la economía de esta región. Existen periodos húmedos, donde será posible la intensificación del uso de la tierra (realizar dos o más cosechas de cultivos o forrajes por año), y acumular los posibles excedentes hídricos, ya sea mediante la recarga de napa o conducirlos a reservorios naturales o artificiales que potencialmente serán utilizables en otros periodos. El concepto de eliminación o conducción de excedentes pluviales se reserva para los ecosistemas urbanos y para la infraestructura vial o rural. Para los reservorios se deberá considerar el concepto de cota o altura máxima, compatible con la recarga de napas y evitando daños en tierras agrícolas, rutas o poblaciones.

En contraste, en periodos secos donde será necesario reducir la intensidad de aprovechamiento del agua (un solo cultivo o pastura por año), aprovechar las reservas de la napa freática o reservorios y controlar las pérdidas de agua por evaporación de suelo, transpiración de cultivos, desagües o drenajes.



El desarrollo tecnológico debe considerar este fenómeno inundaciones-sequía y adecuar las máquinas, y equipos, en los predios para la preparación de camas de siembra, siembras, labores culturales y cosecha de grano o de forrajes. También, se debe considerar el desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de los humedales (reservorio de agua), manejo de la hacienda y otras actividades productivas que otorguen más flexibilidad a la economía del productor agropecuario y a la economía de la región.

Remarcamos la necesidad de trabajar sobre la base de cuatro principios: *intensidad*, *regularidad*, *sistematicidad* e *integralidad*. La *intensidad* se refiere a la cantidad de recursos económicos que se destinan para la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales. La *regularidad* se refiere a que al manejo integrado del agua, suelo y actividades desarrolladas en el territorio debe ser trabajada en forma permanente independiente de los eventos climáticos extremos, que normalmente captan la atención pública. La *sistematicidad* hace referencia que el trabajo para manejar el agua, los suelos y las actividades territoriales debe considerar la complejidad y responsabilidad de los diferentes actores y coordinar sus acciones para que las obras de prevención, sistematización y restauración de sitios degradados sean sinérgicas y faciliten la apropiación por parte de las comunidades locales para su posterior control, gestión y cuidado. Finalmente, el principio de *integralidad* significa que conservar el agua y el suelo debe ser a partir de una visión global e incorporada al territorio nacional que compatibilice las acciones de prevención, restauración y conservación con todos los recursos naturales (agua, suelos uso agropecuario, bosques, humedales, etc.), y con las actividades de producción y sostenimiento de las actividades e infraestructuras económicas y sociales de las comunidades rurales y urbanas.

Las dimensiones del fenómeno de excesos hídricos actual urgen iniciar acciones por la gravedad que revista el problema. En primer lugar, existe un alto riesgo sanitario e infraestructural para las poblaciones urbanas (Marco Juárez, Isla Verde, Corral de Bustos, Colonia Bremen, etc.) y el riesgo de pérdida de movilidad urbano-rural y urbano-urbano. Además, el riesgo de pérdidas de cosechas agrícolas y daños en las producciones ganaderas que afecta prácticamente a 200.000 ha. También, existe una necesidad de acompañar a las comunidades urbanas y rurales para orientar las acciones a la solución sin transferir el problema a otras comunidades (aguas abajo), o evitar obras aisladas que agudizan la intensidad del problema.

De materializarse el pronóstico climático, “Niño” la situación se agravará y por lo tanto anticipar las acciones reviste un carácter estratégico primordial

Bibliografía consultada.

CADIA. 1987. "Anexo 1. Secas e inundaciones en la provincia de Buenos Aires. Reinpreso de la disertación leída el 15 de mayo de 1884 en el Instituto

- Geografico Argentino", p. 76-96 Inundaciones y Manejo de Cuencas. Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos, Buenos Aires, Argentina.
- Cantero G., A., y Cantu, M.P. 1981. "Unidades de erosión en la cuenca del Sistema Arroyo Santa Catalina-del Gato-Laguna el Tigre Muerto". Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto.
- Cantero G., A., Cantu, M.P., Becerra, V., Cantero, J.J., Cisneros, J.M., Degioanni, A., Gonzalez, J., de Prada, J., Gil, H., Pereira, C., Geymonat, M., y Cholaky, C. 1998a. "Propuesta de ordenamiento y manejo integrado de las tierras y aguas en el sur de la provincia de Córdoba.". UNRC, Río Cuarto, Cba. Argentina.
- Cantero G., A., Cantero, J.J., Cisneros, J.M., Cantu, M.P., Becerra, V., Degioanni, S.B., Becker, A., Moreno de Hampp, I., Blarasin, M., Villegas, M., Matea, M., Perez Forte, J., y Piñeiro, A. 1988. "Propuesta de ordenamiento y manejo integrado de las tierras y aguas en el sur de la provincia de Córdoba". UNRC, Río Cuarto, Cba. Argentina.
- Cantero G., A., Cantu, M.P., Cisneros, J.M., Cantero, J.J., Blarasin, M., Degioanni, A., Gonzalez, J., Becerra, V., Gil, H., de Prada, J., Degioavanni, S., Cholaky, C., Villegas, M., Cabrera, A., y Eric, C. 1998b. "Las Tierras y Aguas del Sur de Córdoba: Propuesta para un Manejo Sustentable". 1ra ed. 119 pag. UNRC, Río Cuarto, Cba. Argentina.
- Cisneros, J.M., Cantero, J.J., y Cantero G., A. 1997. "Relaciones entre la fluctuación del nivel freático, su salinidad y el balance hídrico, en suelos salino-sódicos del centro de Argentina". Revista UNRC 17:23-35.
- Cisneros, J.M., de Prada, J.D., Degioanni, A., Cantero Gutierrez, A., Gil, H., Reynero, M.A., Shah, F., y Bravo-Ureta, B. 2005. "Potencial de escurrimiento de cuencas agrícolas en relación a los cambios de uso entre 1986 y 1999". XX Congreso Nacional de Agua y III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. 10 al 13 de Mayo.
- Degioanni, A., Gil, H., Becerra, V.H., Bonadeo, E., Cisneros, J., de Prada, J.D., Diez, A., Bergesio, Leonardo, y Cantero G., A. 2012. "Cultivos, Uso y Manejo de los Suelos en el Sur de Córdoba. Enseñanza de la sequía 2011-2012". Servicio de Conservación y Ordenamiento de Tierras, Facultad de Agronomía y Veterinaria – Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Cordoba, Argentina.
- Degioanni, A., Nuñez, C.O., de Prada, J.D., Cisneros, J., Reynero, M., Plevich, J.O., Becerra, V.H., Cantero, J.J., A., G.H., Tello, D., Pereira, C., y Cantero G., A. 2013. "Los incendios en el centro oeste de la provincia de Córdoba: área afectada 2013 y propuestas de intervención. Reflexiones políticas institucionales para el futuro.". Servicio de Conservación y Ordenamiento de Tierras, Facultad de Agronomía y Veterinaria – Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Cordoba, Argentina.
- Degioanni, A.J., Cisneros, J.M., Cantero G., A., y Videla, H. 2006. "Modelo de simulación del balance hídrico en suelos con freática poco profunda 2006.". Revista Ciencia de Suelo 24:29-38.
- Degioanni, A.J., de Prada, J., Cisneros, J.M., Reynero, M., Cantero G., A., y Rang, S. 2005. "Inventario y evolución de humedales continentales en el sur de Córdoba (Argentina)". Rev. Gestión Ambiental.
- Frank, F.C., y Viglizzo, E.F. 2012. "Water use in rain-fed farming at different scales in the Pampas of Argentina". Agricultural Systems 109:35-42.
- Giaietto, O., Plevich, O., Lallana, V.H., y Pilatti, M.A. 2013. "Bases para el ordenamiento del territorio en el medio rural: Tres cuencas pilotos. Región



- Centro Argentina." 671 pag. Universidad Nacional de Río Cuarto, Universidad Nacional de Entre Ríos, Universidad Nacional del Litoral y Universidad Nacional de Rosario., Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- INTA. 1978. "Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3363-17 Marcos Juárez. " pag., Córdoba, Argentina.
- Nosetto. M.D., E.G. Jobbágy, A.B. Brizuela, R.B. Jackson. 2012. The hydrologic consequences of land cover change in central Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154: 2-11.
- Pereyra, C., de Prada, J.D., Cisneros, J.M., y Giayetto, O. 2013. "Ordenación territorial en el medio rural", p. 9-29, *In* Giayetto, O., *et al.*, eds. Bases para el ordenamiento del territorio en el medio rural: Tres cuencas pilotos. Región Centro Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto, Universidad Nacional de Entre Ríos, Universidad Nacional del Litoral y Universidad Nacional de Rosario., Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Sainz, F. 2008. "Productividad del girasol (*Helianthus annuus* L.) Bajo diferentes profundidades de napa freática en la región de del Campillo.", Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Scilingo, J.M., Cisneros, J.M., Giayetto, O., y Jobaggy, E. 2012. "Producción de maní y soja y uso del agua edáfica en ambientes medanosos con napa. " *Actas AACS. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Mar del Plata.
- TRUTV. 2013. Santiago Reinaudi, productor agropecuario. Inundaciones al Oeste de Marco Juarez new. Tru TV Marco Juarez.