



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

SERVICIO DE CONSERVACIÓN Y ORDENAMIENTO DE TIERRAS (SeCyOT)

**Con la colaboración de las Agencias de Extensión Rural de INTA
Laboulaye y Río Cuarto.**

INFORME TÉCNICO DE COYUNTURA

INUNDACION, ANEGAMIENTO y EROSION HÍDRICA de TIERRAS en el SUR de CÓRDOBA

CICLO DE COSECHA GRUESA 2012-2013¹

Autores

**Cisneros, J., Degioanni, A., Diez, A., Bergesio, L., Cantero, A. y González, J.
(SECYOT-FAV-UNRC)**

Canale, A. (INTA Laboulaye), Montesano, A. (INTA Río Cuarto)

02 de noviembre de 2012

¹ Informe elaborado en el marco de investigaciones financiadas por SECYT-UNRC, Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación y de la Provincia de Córdoba (Proyecto PID), Ministerio de Educación y Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación y Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

SÍNTESIS:

Para el sur de la provincia de Córdoba se informa sobre las condiciones hídricas actuales y sus posibles impactos en la producción agropecuaria por inundación, erosión hídrica como también la evolución de tales condiciones de acuerdo a los pronósticos de lluvias de corto plazo.

Después de la sequía del verano pasado, se inicia un ciclo de precipitaciones que superan los promedios históricos, persiste actualmente y hay coincidencia en distintas fuentes de que se prolongaría hasta el mes de Febrero de 2013.

Esta situación climática para el sur de Córdoba, tiene dos impactos: uno en el sector centro oeste del Dep. Río Cuarto por activación de intensos procesos de erosión hídrica y otro en el Dep. Pte. Roque Sáenz Peña generando un severo estado de inundación que puede provocar daños en la producción agropecuaria, en la red de caminos y eventualmente en poblaciones. Sin embargo, esta situación afecta de manera diferente según la cuenca involucrada como también presenta diferentes tiempos de recupero en caso de normalizarse las lluvias (Tabla 1).

Tabla 1: Área inundada, traza vial comprometida y tiempo de recupero.

<i>Sector del Dep. Pte. Roque S Peña</i>	<i>Inundado Ha</i>	<i>Caminos en riesgo Km</i>	<i>Recuperación</i>
Cuenca con drenaje al sistema Río Cuarto - Saladillo (Curapaligue, Río Bamba, Ruiz Día de Guzmán)	98.000	29	Moderadamente Rápida
Cuenca Colonia Santa Ana (sur de Curapaligue)	25.000	15	Lenta
Cuenca superior de La Picasa (V. Rossi – Rosales - Leguizamón)	80.000	124	Moderadamente Rápida
Cuenca superior Serrano Buchardo - Charlone	20.000	s/d	Lenta
TOTAL	223.000	168	-

Acorde a esta situación y en función de los escenarios posibles se concluye que:

- La activación de focos de erosión en cárcavas de no intervenir con inmediatez puede intensificarse con las lluvias de verano.
- La situación de anegamiento por ascenso de napas en el Dep. PRS Peña es de severa a muy severa, afectando aproximadamente 220.000 de tierras con aptitud productiva agrícola.
- Se espera que la infraestructura de canales, tanto del sistema Devoto-Saladillo, como del sistema Rosales-Leguizamón, produzcan un alivio en la situación de anegamiento, a partir de un acortamiento del tiempo de permanencia del agua saturando el suelo.
- En suelos de aptitud agrícola con napa desde superficie hasta 50 cm de profundidad a Noviembre de 2012, no hay perspectivas de recuperación al menos hasta el invierno de 2013, ya que el suelo permanecería anegado hasta por lo menos el otoño 2013.
- En suelos de aptitud agrícola con napa entre 50 – 100 cm, los riesgos de anegamiento son altos, en especial en época de cosecha. Se recomienda replanteo de cultivos con posibilidad de cosecha en invierno 2013.
- En suelos de aptitud agrícola con napa entre 100-150 cm, los riesgos de anegamiento en otoño, si bien siguen siendo altos, permitirían asumir riesgos con cultivos agrícolas.
- En suelos de aptitud agrícola con napas por debajo de 150 cm, la situación es de bajo riesgo, y alto potencial de producción. Se recomiendan para estas situaciones, destinar los mayores esfuerzos tecnológicos y de inversión en cultivos. No obstante deberá determinarse la salinidad de la napa presente.



- Durante la ventana de sequía, probable en Enero, se recomienda concentrar los esfuerzos en mantenimiento de la infraestructura de caminos vecinales y caminos internos de los campos, previendo condiciones de anegamientos en otoño.
- Es altamente probable la ocurrencia de dificultades de tránsito de caminos rurales durante el próximo otoño, por lo que se deberán hacer las previsiones que sean necesarias para garantizar la recolección y transporte de la próxima cosecha.



Introducción

El desarrollo económico y social de la región está directamente relacionado con la disponibilidad de sus recursos naturales, su aprovechamiento y uso sustentable a perpetuidad. Además, toda visión de desarrollo integrado y sostenible a través del tiempo requiere que tales recursos, y especialmente las tierras, mantengan su capacidad productiva, en un marco de estabilidad ambiental y social. Es por ello que, técnicas ligadas a la conservación del suelo y del agua adquieren singular importancia, tanto en años con alta probabilidad de ocurrencia de evento “Niño” donde la cantidad e intensidad de las precipitaciones superan a las normales de la región como también cuando ocurre el fenómeno contrapuesto, es decir, el evento “Niña” por la necesidad de captar agua adentro del suelo dado la escasez de lluvias.

Con respecto a las actuales condiciones climáticas y su perspectivas para el ciclo de cosecha gruesa 2012 - 2013, las predicciones de mediano plazo (*Evolución de condiciones climáticas de mediano plazo del INTA Castelar*, Informe 22 Octubre 2012) pronostican un predominio de condiciones Niño para el trimestre Noviembre-Diciembre-Enero con alta probabilidad de ocurrencia de precipitaciones por encima de lo normal.

En términos de oferta de agua para la producción, la presencia de un otoño 2012 húmedo, un invierno 2012 con lluvias por encima de la media, y un comienzo de precipitaciones del ciclo húmedo anual relativamente temprano, configuran un escenario promisorio para la actual campaña cosecha gruesa.

No obstante la sequía del ciclo 2011-2012, redujo los rendimientos de los cultivos en una superficie significativa de la región, lo que se tradujo en menor proporción de rastrojos en superficie para la protección del suelo en el nuevo ciclo 2012-2013. Esta combinación de año seco + poco residuo y luego año húmedo, puede configurar un aumento de los riesgos de erosión en la presente campaña.

No obstante ello, existen zonas dentro de la región pampeana sujetas a riesgos de daños en la producción agropecuaria, infraestructura vial y urbana, asociado a la presencia de un ciclo extremadamente húmedo que comenzó en Enero de 2012, en la que se advierten los siguientes impactos negativos actuales o futuros. Estos ambientes, son los siguientes:

I. Áreas deprimidas con riesgo de anegamiento e inundación: La ocurrencia de eventos de inundación y anegamiento por elevación de niveles freáticos, que podrán verse intensificados durante todo el verano-otoño 2012-2013. En el apartado III se analiza en detalle el actual estado del área sur de la provincia de Córdoba.

II - Áreas onduladas con riesgo de escurrimientos y erosión hídrica: Pueden incrementarse la frecuencia de eventos de alto escurrimiento que, no solo generen daños en la propia zona ondulada, sino que incrementan la intensidad de la inundación en las áreas deprimidas. En el apartado II se proponen una serie de medidas de manejo de corto y largo plazo para mitigar los posibles efectos de las altas precipitaciones.

I - Áreas deprimidas con riesgo de anegamiento e inundación

I.1.- Área de evaluación.

El área evaluada comprende el sur de la provincia de Córdoba, particularmente el Departamento Presidente Roque Sáenz Peña (PRSP) y sureste del Departamento Río Cuarto, los que se encuentran localizados en la unidad ambiental denominada de “Llanuras mal drenadas” ó “Pampa Arenosa Anegable”. Esta unidad territorial constituye una gran planicie receptora y de lento tránsito de los sistemas hídricos del sur de Córdoba (arroyos del Gato, Ají, Santa Catalina) vulnerable a recurrentes eventos de inundación, sedimentación, anegamiento por recargas de napas freáticas y salinización de los suelos, ocasionados por los excesos de precipitaciones locales y/o regionales. Por otra parte, el centro este del DPRSP integra parte del sistema de drenaje de la laguna La Pícasea, sobre el que se han construido obras de infraestructura hídrica diseñadas para amortiguar los eventos de inundación-anegamiento como parte del Plan Federal de Control de Inundaciones (PFCI).

Aunque los términos inundación y anegamiento suelen utilizarse en forma indistinta, es necesario hacer una distinción conceptual entre estos dos tipos de fenómenos asociados a los excesos hídricos. La **inundación** hace referencia a excesos hídricos ocasionados por crecientes repentinas y desbordes de ríos, arroyos y canales, que pueden tener origen en lluvias ocasionadas en las partes altas de la cuenca. El **anegamiento** hace referencia a excesos hídricos originados por elevación de las napas freáticas y saturación del suelo, y tienen su origen exclusivamente en lluvias ocurridas en la propia zona anegada. En este caso el suelo pierde por completo su capacidad de retener el agua de lluvia. Por otra parte los ambientes anegados, al perder su capacidad de infiltrar el agua de lluvia, comienzan a generar escorrentías superficiales locales que incrementan las áreas anegadas en los bajos, generándose así un ciclo de anegamiento-inundación retroalimentado.

Si bien inundación y anegamiento son fenómenos diferentes, pueden ocurrir en forma simultánea, como ocurrió en el último ciclo de inundaciones importantes de 1998-2001.

Al presente, los fenómenos ocurridos en el sudeste de Córdoba **responden a condiciones de anegamiento de tierras** por elevación de las napas freáticas en respuesta a un ciclo climático muy húmedo.

Es así como, hasta el momento, en la zona no se han registrado fenómenos de inundación provenientes de excesos hídricos de las cuencas altas, es decir de la zona serrana y ondulada, causadas por desbordes de los arroyos Santa Catalina y del Gato. Estas cuencas están reguladas por 3 represas: en la zona serrana por las presas Achiras y Las Lajas, y en la zona media por la represa del Tigre Muerto (en proximidades de La Cautiva). Hasta el momento estas represas se encuentran en su máxima capacidad de regulación, por lo que la zona baja está resguardada de posibles eventos de excesos hídricos provenientes de las zonas altas.

El Departamento PRSP ha (850.000 ha) sido zonificado en 5 categorías de tierras en función de la condición suelo - relieve que es el factor estructural que determina el rango de oscilación del nivel freático a profundidades que pueden causar daños por exceso de agua. La conjunción espacio – temporal de un balance hídrico local excedentario (lluvias mayores a la evapotranspiración) con las actividades que se desarrollan en estas tierras definen niveles el riesgo de inundación por anegamiento. Las tierras de mayor riesgo son aquellas aptas para agricultura (687.000 ha), de moderado riesgo las aptas para ganadería (60.000) y de bajo riesgos los campos bajos donde habitualmente se acumula agua (bañados, lagunas y aledaños).

Por otra parte se encuentra en adecuado estado de funcionamiento todo el sistema de canales principales del área, como así también el sistema de nuevos reservorios y canalizaciones realizadas en el marco del Plan Federal de Control de Inundaciones, por lo que se espera un tiempo de recuperación más rápido del área cubierta por estas obras, en especial las área de la cuenca La Pícasea y la zona Sur y Norte entre General Levalle y Laboulaye

Los fenómenos de excesos hídricos a los que se refiere el presente informe son ocasionados por la elevación de los niveles freáticos de la zona, técnicamente llamados anegamientos, a causa de excesos de precipitación que superan la capacidad de retención hídrica de ambientes con napas relativamente cerca de la superficie.

I.2. Evolución de las lluvias y los niveles freáticos

Los datos climáticos aportados por el Servicio Meteorológico Nacional con sede en Laboulaye (Tabla 2), muestran que a partir de Agosto comenzaron a registrarse abundantes precipitaciones, muy superiores a los promedios mensuales históricos, que colaboraron en la recarga hídrica de los perfiles del suelo permitiendo que los labores para la siembras de los cultivos estivales, principalmente de maíz, se realizaran en forma temprana en casi todo el Departamento. Durante el mes de Octubre se han efectuado consecutivas lluvias, acumulando un total de 241 mm en 14 días. El pasado lunes 29, se suscitaron tormentas intensas, con fuertes vientos y algo de granizo, empeorando la situación de los excesos hídricos superficiales.

Tabla 2: Registros pluviométricos. INTA AER Laboulaye. Datos SMN Ea. Laboulaye.

AÑOS/ MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
1903 a 2011	102,7	95,8	117,7	69,0	31,6	17,1	19,7	19,6	41,1	84,5	99,5	106,4	804,6
2011	53,6	105,4	72,9	72,5	0,8	5,7	2,4	0,1	19,6	77,2	173,7	9,4	593,3
2012	60	222,7	187,1	90,1	55,5	0,6	0,0	76,4	84,8	241			1018,2

Los datos muestran que las lluvias durante el 2012 totalizan hasta el momento 1018 mm, valores muy similares al total anual de los años 1997 (1124 mm) y 1999 (1175 mm), períodos en los que ocurrió uno de los eventos de inundación-anegamiento más importantes del último siglo. Teniendo en cuenta que falta transitar dos meses (noviembre y diciembre) para finalizar el año y los promedios históricos de ambos rondan los 205,9 mm, se estaría llegando a un total anual 1224 mm.

En cuanto a las temperaturas, estas presentan valores por debajo de lo normal para esta época (Figura 1) del año, influyendo negativamente en el desarrollo de los cultivos implantados y en la **evaporación del agua superficial** en los lugares con encharcamientos.

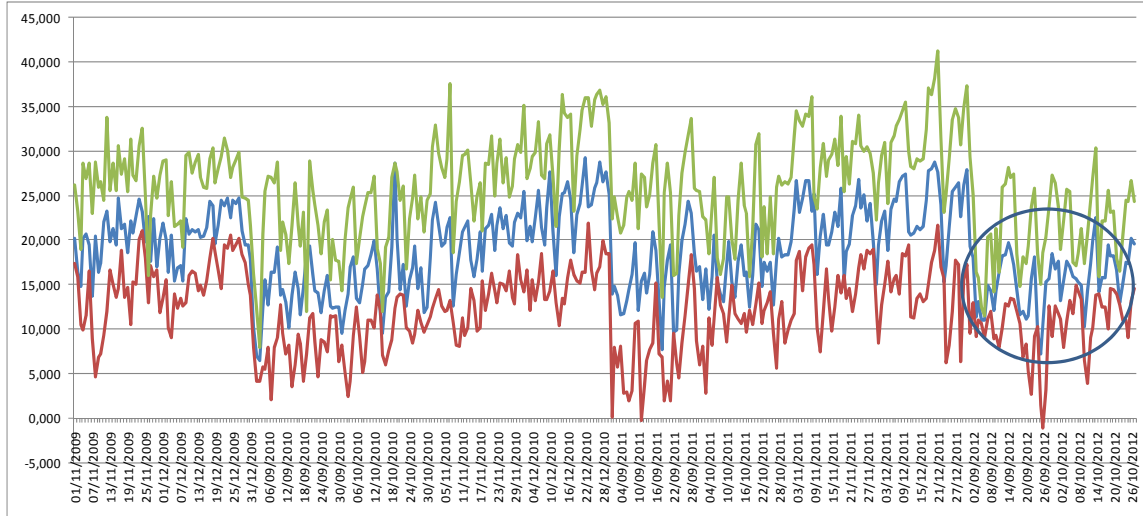


Figura 1: Temperaturas máxima, media y mínima diaria de octubre, noviembre y diciembre de 2009, 2010, 2011 y 2012. (INTA AER Laboulaye, en base a datos del SMN Est. Laboulaye).

Con respecto a las napas freáticas, la Agencia de Extensión Rural de INTA Laboulaye, registra desde agosto 2006 de una red de 40 freatímetros ubicados estratégicamente en tres posiciones del relieve (Loma, media loma y bajo), en los cuales, se realizan un seguimiento mensual de la profundidad y calidad del freático.

En sitios con anegamiento, la napa freática asciende en respuesta a las precipitaciones y desciende por efecto de la evapotranspiración (ETP) del agua del suelo, por lo tanto el anegamiento por ascenso de napas responde en gran medida al balance hídrico de la zona (diferencia entre lluvias y evapotranspiración).

La evaluación de niveles freáticos para los últimos meses del año (Febrero de 2012 hasta la actualidad), muestra un ascenso muy importante producto de este aumento en las precipitaciones y balance hídrico positivo (Figura 2). Los niveles freáticos en las posiciones topográficas bajas oscilan en promedio entre 0 a 0,60 m, mientras que en el resto de las posiciones (medias lomas y lomas) los niveles oscilan entre 1 m y 3 m.

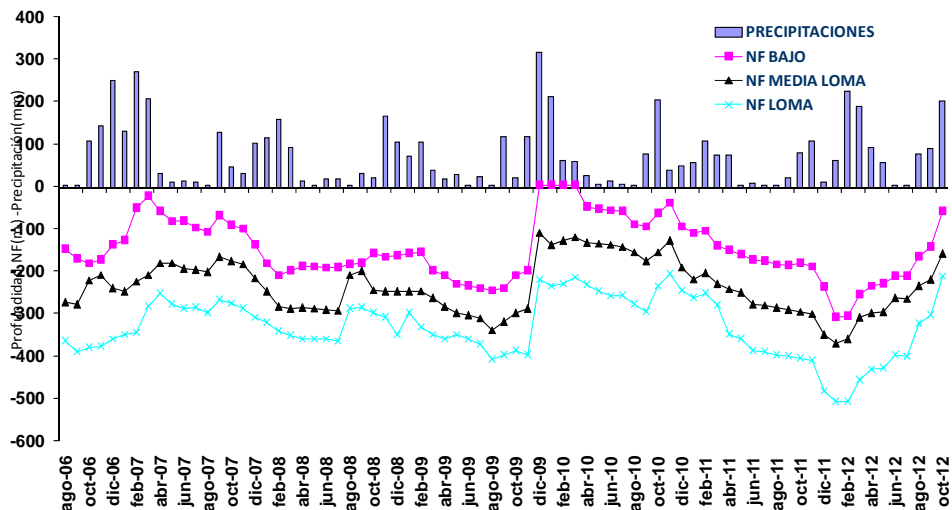


Figura 2. Precipitaciones mensuales y nivel promedio de napa en tres posiciones del relieve (Loma, media loma y bajo). Fuente: Red de freatímetros ubicada en el Departamento PRSP.

Por otra parte, la Universidad Nacional de Río Cuarto, conjuntamente con AER INTA Laboulaye y con apoyo de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación tiene instalado un sistema de monitoreo en tiempo real de variables climáticas y niveles freáticos mediante 5 estaciones (que se suma la del SMN Laboulaye) y cuya localización se muestra en la Figura 3.

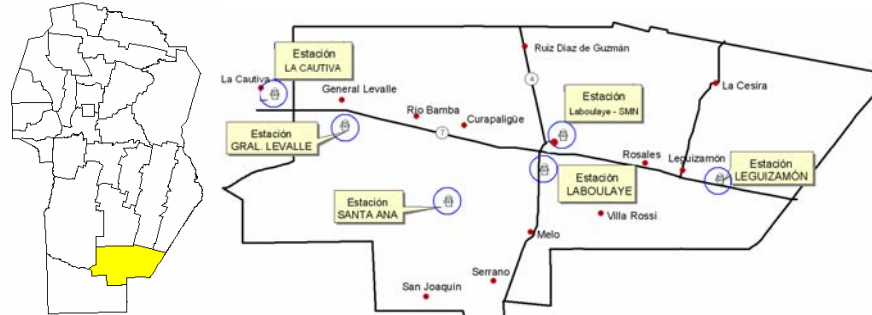


Figura 3: Ubicación de las estaciones de monitoreo de variables climáticas y freática en el Departamento PRSP.

La relación del nivel freático con el balance hídrico para los diferentes sitios de monitoreo localizados en la Figura 3, para el período julio de 2011 hasta la fecha se presentan en la Figura 4.

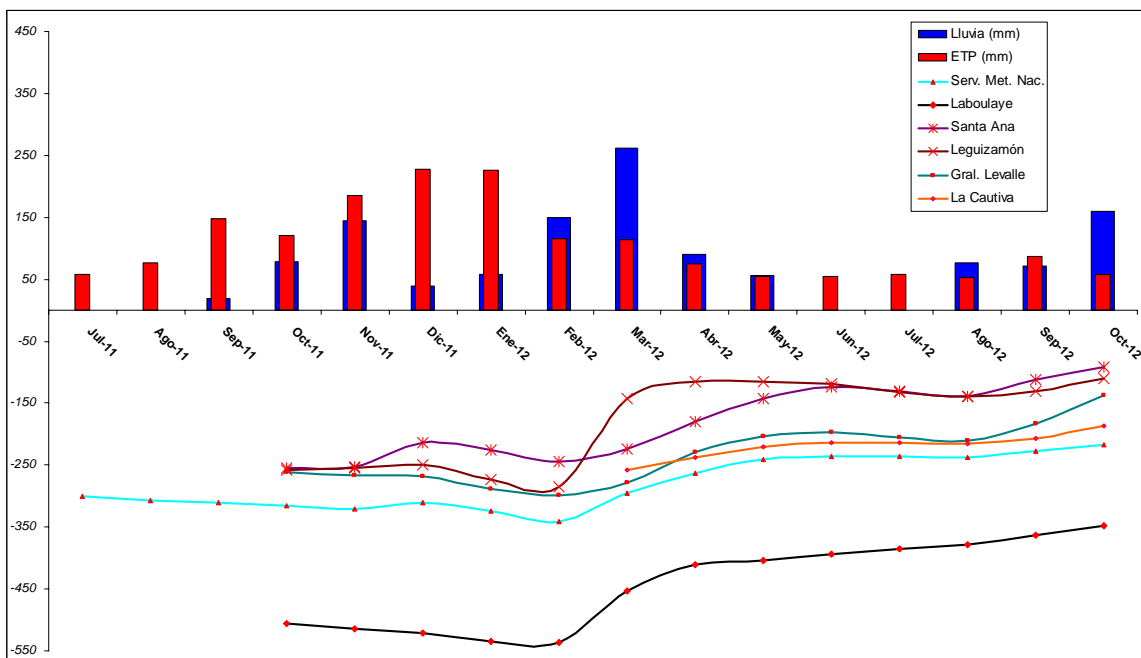


Figura 4: Evolución del balance hídrico climático y nivel freático para las estaciones del Sistema de Alerta de inundaciones UNRC-SSRHN-INTA. (Datos propios registrados con equipos *Adcon Telemetry* e INTA AER Laboulaye y SMN Est. Laboulaye).

La Figura 4 muestra la oscilación del nivel freático en relación al balance hídrico mensual. Se ingresa al actual ciclo primavera - estival desde un período de intensa sequía (ETP >> lluvia) que produjo una gran descarga (descenso) del sistema hidrológico subterráneo regional. Este efecto se observa en el comportamiento de la capa freática hasta Febrero de 2012, donde todas las posiciones topográficas presentan una tendencia a la disminución del nivel freático por debajo de 2 m.



Hacia fin del verano, principio del otoño del año en curso se producen una recarga del sistema hidrológico subterráneo (lluvia > ETP) aunque de respuestas diferenciadas según la posición topográfica. La mayor respuesta lluvia – ascenso del nivel freático se registró en la estación Leguizamón (Planicies bajas) con un fuerte incremento de la recarga lo que llevó la freática a profundidades menores del metro, predisponiendo el sector a situaciones de muy alto riesgo de inundación.

Similar respuesta han tenido las estaciones Santa Ana y General Levalle donde la recarga ha llevado la freática a profundidades actuales en el orden de 1 a 1,5 m promedio predisponiendo estos sitios de Planicies intermedias bajas a un alto riesgo de anegamiento.

Una situación intermedia presentan las estaciones de La Cautiva y del SMN Laboulaye que monitorean la dinámica de la freática en situaciones de Planicies intermedias altas donde la recarga ha llevado a la freática a profundidades en el orden de los 2,5 a 1,5 metros por lo que el riesgo de anegamiento es bajo. En estas condiciones, por el contrario, la presencia de la napa freática define un alto potencial de producción de los lotes, por la posibilidad de aporte de agua desde la napa a los cultivos (llamado efecto napa).

En situaciones de Planicies altas, si bien la recarga ha llevado la capa freática de 5,5 a 3,5 m, estos sitios no presentan riesgo de anegamiento, aunque tampoco pueden esperarse aportes hídricos de la napa a los cultivos.

La información de niveles freáticos y precipitaciones del Sistema de alerta de inundaciones, UNRC – Subsecretaría de Recursos Hídricos para el sur de Córdoba se encuentran disponible para su consulta en el portal <http://www.aseagro.com.ar/unrc/>

I.3. Estado hidrológico superficial.

Para efectuar una evaluación del actual estado hidrológico se procesó una imagen del satélite *MODIS Terra* registrada el 30 de octubre de 2012 (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>), Dicha imagen se muestra en la Figura 5. El tratamiento consistió en la discriminación de tres estados: *agua en superficie* (colores negros), *suelos anegados* por ascenso de la freática o por encharcamiento temporario (colores verdes oscuros) y *situación normal* (colores verdes claros – rosado).



Figura 5: Estado hídrico del Departamento P. R. S. Peña - 30 de Octubre de 2012. Fuente: Elaboración propia en base al procesamiento digital de una Imagen Modis del 30/10/12.

En esta imagen (Figura 5) se aprecian cuatro áreas con una importante recarga hídrica pero con diferentes niveles de riesgo de daños, para el Departamento PRSP. Estos sectores son:

Sector 1: Cuenca de los canales Devoto, La Diagonal, Norte, de Copa, El Ala y Los Tamarindos, con salida al sistema hídrico del río Saladillo: Esta área es muy susceptible a sufrir inundaciones por estar conectada a los sistemas hídricos serranos (Canal Devoto, La Cautiva y Arroyo Ají). La recarga actual se debe exclusivamente a las lluvias locales y, de funcionar los canales normalmente, se prevé una descarga moderada rápida del sitio. En tal sentido, el Gobierno de la Provincia de Córdoba ha ordenado la ejecución anticipada de tareas de limpieza de los canales que quedan muy expuestos a perder su sección hidráulica por la sedimentación, causada por la erosión de los propios cursos de aguas y por la ocurrida en las áreas de aporte de las cuencas medias y altas.

Sector 2: Colonia Santa Ana: Este sector corresponde al tramo superior de la cuenca La Picasa aunque su conexión al sistema de drenaje artificial es muy lento por lo que la recarga hídrica en planicies bajas e intermedias bajas y altas presentan niveles de riesgo conforme a cada unidad de tierras.

Sector 3: Cuenca superior del sistema de drenaje artificial La Picasa: Area rural de los municipios de Villa Rossi, Rosales y Leguizamón. Presenta un importante recarga hídrica, aunque se espera una descarga más rápida del agua en superficie dado el normal funcionamiento de los canales de drenaje que interconectan los embalses de Cabarero, Rosales, Viveros y La Amalia (obras del PFCI).

Sector 4: Tramo superior de la cuenca Serrano – Bucharado – Charlone. Este sector, caracterizado por ser una cuenca cerrada o arreica (con un drenaje superficial lento), sin canalizaciones, posee similar comportamiento al Sector 3 de Colonia Santa Ana.

I.4. Evaluación de áreas afectadas.

En el Departamento Pte. Roque S. Peña se han registrado durante el final de la década de 1990 dos eventos de inundación-anegamiento:

- a. una severa con 265.000 ha inundadas y
- b. otra muy severa con 390.000 ha inundadas.

En comparación con estas dos situaciones de referencia, el estado actual del área involucra una superficie total anegada de 327.000 has, por lo que podría considerarse de severa a muy severa. De este total aproximadamente 223.000 has afectan a tierras con aptitud de uso agrícola-ganadera, de las cuales 131.000 has son las tierras de mejor aptitud (planicies intermedias y altas y lomas), y 92.000 has de menor aptitud por ser planicies intermedio-bajas. El resto del área anegada, 104.000 has afecta a suelos naturalmente mal drenados, sin aptitud agrícola.

Para las tierras que no han sufrido anegamientos, la elevación de los niveles freáticos permiten esperar una mejora en sus condiciones de productividad, en razón, no sólo de las buenas precipitaciones del año, sino de la posibilidad de que la altura freática pueda garantizar un muy buen abastecimiento de agua a los cultivos. La determinación de estas áreas de productividad incrementada, será motivo de nuevas evaluaciones del equipo del SECYOT, una vez que se cuente con modelos digitales del terreno y mapas de napa mas detallados.

En la Tabla 3, se incluye además una síntesis de las superficies afectadas en el Departamento, su proporción en relación a cada tipo de tierra y el nivel de riesgo de pérdida.

Tabla 3: Superficie total anegada en el Departamento PRSP - 30 de Octubre de 2012, en función del tipo de tierras y su aptitud. Fuente: Elaboración propia en base a procesamiento de imagen MODIS.

<i>Unidad de Tierra</i>	<i>Área total (ha)</i>	<i>Área anegada (ha)</i>	<i>Aptitud de Uso</i>
Lagunas y Bañados	60.600	44.000	Embalse
Planicies bajas	99.052	60.000	Natural Ganadero
Planicies intermedias bajas	167.848	92.000	Ganadero Agrícola
Planicies intermedias altas	248.491	108.000	Agrícola
Planicies altas y lomas	272.341	23.000	Agrícola
TOTAL	848.332	327.000	

No obstante esta evaluación global, el nivel de riesgo de cada tipo de tierra es variable en función de su ubicación en los distintos sectores definidos en el apartado I.3. En la Tabla 4 se indica la superficie de tierras de aptitud agrícola afectada en cada uno de los 4 sectores analizados y su perspectiva de recuperación en función de las infraestructuras de regulación y desagüe de cada una de ellas.

Tabla 4: Superficie de tierras de aptitud agrícola anegadas en el Departamento P. R. S. Peña al 30 de Octubre de 2012, para cada uno de los sectores o cuencas definidos en el apartado b.3.

<i>Cuenca</i>	<i>Afectación suelos Aptitud agrícola Ha</i>	<i>Riesgo¹</i>	<i>Recuperación</i>
Sector 1: Cuenca con drenaje al sistema Río Cuarto - Saladillo (Curapaligue, Río Bamba, Ruiz Día de Guzman)	98.000	Bajo	Moderadamente Rápida
Sector 2: Cuenca Colonia Santa Ana (sur de Curapaligue)	25.000	Muy alto	Lenta
Sector 3: Cuenca superior La Picasa V. Rossi – Rosales - Leguizamon	80.000	Medio alto	Moderadamente Rápida
Sector 4: Cuenca superior Serrano Buchardo - Charlone	20.000	Alto	Lenta
TOTAL	223.000		

¹Los riesgos de anegamiento significan daños en cultivos por: *falta de piso para labores de siembra, pulverizado o cosecha; incremento en la incidencia de enfermedades, muerte de plantas por anoxia, salinización del suelo.* A nivel urbano el anegamiento puede causar *derrumbes de pozos ciegos, humedad en las viviendas,* etc. todo lo cual conduce a riesgos en la salud de la población. No se consideran en esta calificación los daños sobre la infraestructura vial y urbana.

I.5. Posible evolución futura. Simulación de escenarios de anegamiento.

A los fines de que cada productor y autoridades de diferentes niveles de gobierno tengan una perspectiva de mediano plazo sobre la posible situación de la región en el próximo año, se han realizado una serie de simulaciones sobre la oscilación del nivel freático para diferentes condiciones de suelo. Cabe aclarar que estas simulaciones tienen en cuenta sólo el fenómeno de anegamientos de suelo y no contemplan la simulación de escenarios de inundación por desbordes de ríos, puesto que este tipo de fenómenos no pueden ser analizados a priori, ya que responden a fenómenos de lluvias extraordinarias en las cuencas altas. No obstante, como se mencionó al comienzo del informe, la presencia de obras de infraestructura de regulación en las cuencas altas y media, reducen significativamente las probabilidades de ocurrencia de este tipo de fenómenos.

Las estimaciones fueron realizadas en base a modelos simples desarrollados para cada uno de los freáticos con seguimiento en el Departamento P. R. S. Peña, para 9 meses de duración (Noviembre 2012 – Junio 2013) y para dos escenarios climáticos probables:

a. Escenario normal: se tienen en cuentas las precipitaciones medias de Noviembre a Junio para Laboulaye (774 mm) y

b. Escenario húmedo: se considera que durante el ciclo ocurrirán precipitaciones superiores en un 20 % de la media (920 mm)

En las estimaciones se toman en cuenta la posible oscilación de la freática partiendo de 4 condiciones actuales, en base a los siguientes freáticos (Ver ubicación en Figura 3):

a. Laboulaye: Representa condiciones de suelos de loma, con un nivel freático inicial = 250 cm

b. General Levalle y Santa Ana: Representa condiciones de suelo de planicies intermedia baja, con un nivel freático inicial = 80 cm

c. Leguizamón: Representa condiciones de suelo de planicie intermedia baja, con un nivel freático inicial = 60 cm

- d. La Cautiva: Representa condiciones de suelo de planicies intermedia alta, con un nivel freático inicial = 180 cm
- e. Situación de suelos actualmente anegados.

a. Escenario para situaciones de LOMAS

Las perspectivas para estas situaciones son de riesgo nulo de anegamiento, y de muy buenas condiciones de productividad (Figura 6). La napa siempre se encuentra por debajo del nivel crítico para salinización del suelo (aproximadamente 100 cm). No aparecen riesgos de anegamiento en el otoño 2013.

La mejora en la productividad del suelo por presencia de la napa depende de su salinidad: toda napa con una salinidad inferior a 3 gramos de sal por litro (equivalente a 5 dS/m en unidades de conductividad eléctrica) es potencialmente aprovechable por los cultivos regionales. Con contenidos salinos superiores a este límite el aprovechamiento del agua de la napa es menor, hasta hacerse nula con salinidades superiores a 7 gr/l (equivalente a 10 dS/m).

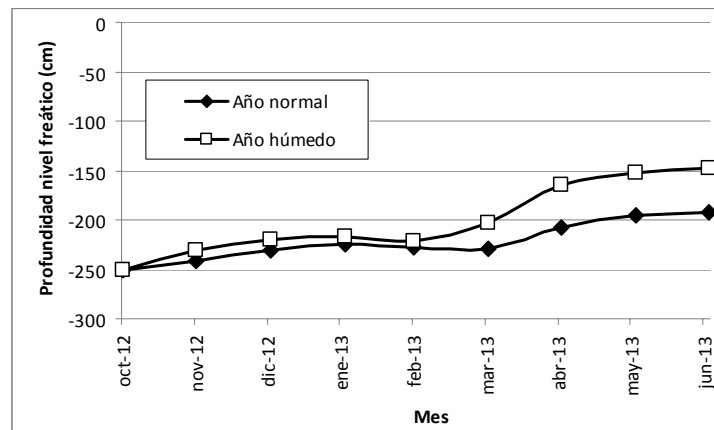


Figura 6: Posible oscilación del nivel freático durante el período Noviembre 2012 – Julio 2013, en base a dos escenarios climáticos para la situación de LOMAS.

b y c. Escenario para situaciones de PLANICIES INTERMEDIAS BAJAS:

En estas situaciones, con napas actuales por encima de alrededor de 80 cm, la situación es de alto riesgo de anegamiento en el otoño de 2013, en especial bajo un escenario húmedo (Figura 7). También bajo un escenario de año normal el riesgo de anegamiento en otoño 2013 es alto ya que la altura de la freática se encuentra muy cercana a la profundidad crítica por falta de piso (aproximadamente 50 cm).

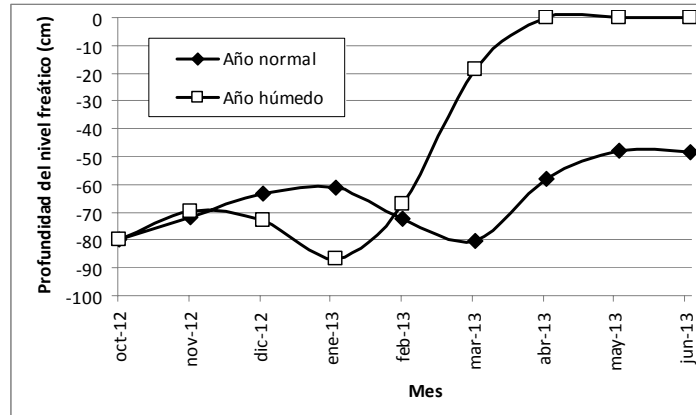


Figura 7: Posible oscilación del nivel freático durante el período Noviembre 2012 – Julio 2013, en base a dos escenarios climáticos para la situación de PLANICIE INTERMEDIA BAJA.

Si las condiciones actuales de los lotes agrícolas son similares a estas se recomienda destinar el lote a uso ganadero, verdeo de verano, o en caso de tomar la decisión de un uso agrícola, asumir un alto riesgo de dificultades en la época de cosecha.

Para una situación de napa del orden de 60 cm, representada por el freatómetro Leguizamón, la situación es de muy alto riesgo de anegamiento al otoño 2013 (Figura 8), para ambos escenarios climáticos, ya que se alcanza la saturación del suelo dentro del período de cosecha de cultivos de verano. Para esta situación se recomienda una estrategia productiva de minimizar riesgos, en base a la siembra de pastos de verano, o de asumir riesgos con un cultivo de cosecha, pero de muy bajo costo.

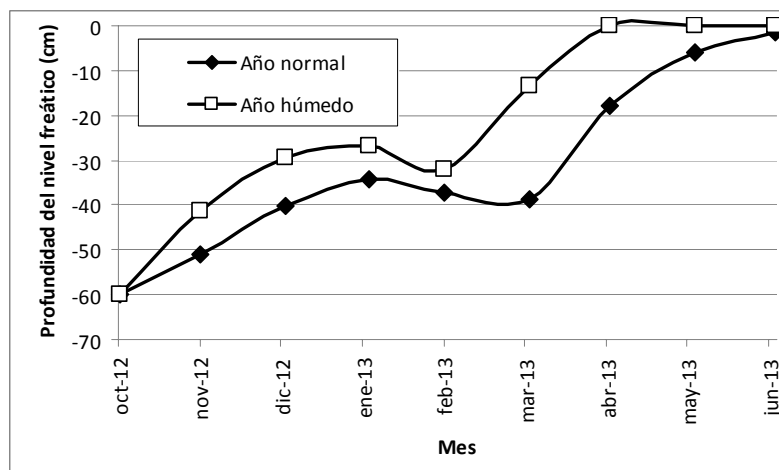


Figura 8: Posible oscilación del nivel freático durante el período Noviembre 2012 – Julio 2013, en base a dos escenarios climáticos para la situación de PLANICIE INTERMEDIA BAJA, freatómetro Leguizamón.

d. Escenario para situaciones de PLANICIES INTERMEDIAS ALTAS

En estas condiciones, con napa actual por debajo de 150 cm, el riesgo de anegamiento es bajo, aunque la napa puede acercarse en el próximo otoño al nivel crítico de napa con peligro de salinización del suelo (Figura 9). No obstante estas situaciones también representan un muy alto nivel de productividad del suelo, dependiendo del contenido salino de la napa.

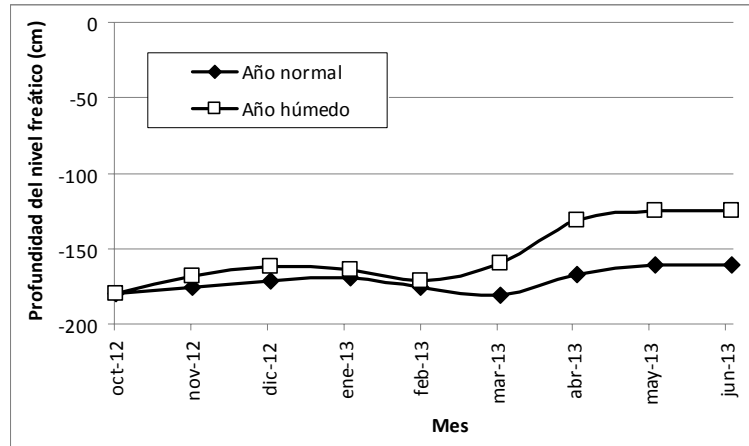


Figura 9: Posible oscilación del nivel freático durante el período Noviembre 2012 – Julio 2013, en base a dos escenarios climáticos para la situación de PLANICIE INTERMEDIA ALTA. Leguizamón.

e. Escenario para situaciones de suelos actualmente anegados.

Bajo estas condiciones la evolución dependerá de la velocidad de evacuación del agua hacia la infraestructura de desagües de la zona. No obstante son situaciones en las que no se podrán realizar cultivos de cosecha gruesa durante el ciclo 2012-2013. La perspectiva para realizar cultivos de cosecha fina durante el ciclo 2013, dependerá de cómo evolucione la condición climática, la cual requerirá un nuevo análisis de escenarios luego de finalizada la estación de lluvias de otoño 2013. Estas situaciones mejorarán durante la sequía estacional de Diciembre-Enero, pero retomará a condiciones de anegamiento en el otoño 2013.

II. Áreas onduladas con riesgo de escurrimientos y erosión hídrica

Los daños por erosión hídrica en las zonas onduladas del centro oeste del Dep. Río Cuarto, ha sido significativa por la ocurrencia de lluvias de mediana a alta intensidad en suelos con baja cobertura superficial y compactados. Por otra parte han ocurrido lluvias intensas en torno a la faena de siembra de maíz principalmente. Esto ha generado una activación de la erosión de tipo laminar y en cárcavas tal como se ilustra en las siguientes figuras.



Figura N° 6: Area rural El Esquinazo. Ruta Pcial 23. Vista suelo “planchado” con surcos de erosión



Figura N° 7: Area rural El Esquinazo. Ruta Pcial 23. Vista suelo con escasa cobertura superficial y arrastre de rastrojo por escurrimiento. Foto 2/11/12



Figura N° 8: Cuenca La Colacha. Activación de erosión en cárcava con lluvia del día 28/10/2012.
Foto 2/11/12



Figura N° 9: Cuenca La Colacha. Área de sedimentación de escurrimiento en lámina. Acumulación de rastrojos en alambrados. Foto 2/11/12

La erosión de márgenes y fondo de los cauces también es significativa tal como indica la Figura 10. Este proceso además de generar sedimentos que terminan colmatando los canales de las cuencas bajas ponen en riesgo la infraestructura vial.



Figura N° 10: Ruta Pcial 23. Puente arroyo La Colacha tributario del arroyo Santa Catalina.
Foto 2/11/12

En los lotes en donde se han aplicado las técnicas de conservación de suelos adecuadas la erosión es nula (Figura 11) con una mayor captación del agua..



Figura N° 11: Terrazas de desagüe. Área rural Las Tapias. Sin signos de erosión. Foto 2/11/12.

Las represas construidas en las cuencas serranas de los arroyos Achiras (6900 has) y Las Lajas (6100 has) se encuentran cercanas a su máxima capacidad de regulación, por lo que están en adecuadas condiciones para soportar las crecientes que se generen en sus áreas de aporte.

En función de este escenario se considera imprescindible la adopción por parte de los productores del conjunto de de las técnicas de manejo del suelo y del relieve para prevenir la erosión hídrica. La utilización de manera aislada o excluyente de cualquiera de estos conjuntos de técnicas no necesariamente resolverá la problemática abordada. Su utilización de manera complementaria ofrece una manera más integral de intervención sobre la situación problema. Por cada mm de agua de escorrentía perdida se dejan de producir 18 Kg de maíz y 9 Kg de soja, teniendo en cuenta que en una lluvia intensa de 50 mm en una hora puede perderse entre un 20 a 30 % por escorrentía (10 a 15 mm), esto significa entre 2 y 3 qq de maíz y entre 1-1,5 qq de soja, que dejan de producirse, sólo en esa lluvia.

Se discuten a continuación dos conjuntos de técnicas que apuntan, en conjunto, a reducir los escurrimientos de agua:

II.1. Técnicas de manejo del suelo

II.2. Técnicas de manejo del relieve del campo

II.1. Técnicas de manejo del suelo

Se basan en el concepto de que toda agua de lluvia que no penetra o infiltra en el suelo queda en condiciones de generar escorrentía, por lo tanto estas técnicas se basan en el aumento de la infiltración de agua en el suelo.

II.1.1. Protección de la superficie del suelo

Cobertura de rastrojos de cosecha: Los rastrojos de la cosecha anterior ejercen protección de la superficie del suelo contra los efectos erosivos de la lluvia y del viento al generar un impedimento para que la gota no impacte directamente sobre él. De este modo evita el “planchado” de la superficie y favorece la entrada de agua al suelo. Es conveniente que el residuo este anclado en el suelo para que no sea arrastrado por el agua en escurrimiento. El uso masivo de la siembra directa en campos bien rotados, ha posibilitado la mejora de la protección del suelo, tanto para el control de escorrentía como de voladuras de campos.

Cobertura por el propio cultivo en pie: Al igual que los rastrojos, el conopeo (cobertura) de los cultivos es capaz de interceptar la gota de lluvia, disminuyendo su energía cinética. Es importante la coincidencia entre el periodo de mayor cantidad e intensidad de precipitaciones con las etapas del cultivo en la que ofrezca cobertura al suelo, de modo de disminuir la incidencia de los agentes erosivos.

II.1.2. Aumento de la estabilidad propia del suelo

Manejo de los residuos de cosecha: cuando un residuo es incorporado o semi-incorporado al suelo, tiene lugar una intensa actividad biológica de descomposición del mismo, que produce entre otras cosas, unión mecánica y estabilización de los agregados.

Rotación de cultivos: La rotación de cultivos influye sobre la estabilidad de la estructura, asociado fundamentalmente a su efecto sobre el contenido de la materia orgánica del suelo. Cuando en la rotación se incorporan cultivos que producen elevada proporción de biomasa aérea y radicular, con relaciones C/N elevadas (por ejemplo de maíz, sorgo, trigo), se realiza fertilización, que incrementa la producción de biomasa o se incluye más de un cultivo en el año, el aporte de estos compuestos orgánicos puede generar un balance positivo en la materia orgánica al superar a las pérdidas por mineralización de la misma. El efecto de la rotación sobre la estructura edáfica dependerá entonces del balance entre mineralización de la materia orgánica y el aporte de residuos orgánicos que realizan los cultivos y de la intensidad de remoción del suelo para la preparación de la sementera.

Cultivos de cobertura: Son cultivos de rápido crecimiento y biomasa aérea que se instalan en el periodo de barbecho entre dos cultivos de cosecha con el objetivo de mantener cobertura, incorporar carbono al suelo, evitar la pérdida de nutrientes móviles, mejorar la eficiencia del uso del agua y disminuir los riesgos de erosión.

La elección del cultivo de cobertura correcto para cada área y manejo dependerá del objetivo perseguido. La cantidad de residuo y cobertura generados dependerá de la especie elegida, del momento de secado y del agua disponible para su crecimiento, entre otros factores. Para nuestra zona los más indicados son los cereales de invierno y algunas leguminosas invernales como Vicia.

Enmiendas orgánicas-Compost y Estiércoles: las enmiendas orgánicas constituyen aportes de materiales orgánicos al suelo, de diferente calidad y grado de descomposición. El estiércol de origen vacuno constituye un ejemplo de enmienda orgánica cuya incorporación al suelo incrementa la estabilidad estructural como así también la disponibilidad de nutrientes. En producciones intensivas, la utilización de compost de desechos orgánicos constituye una fuente orgánica interesante para incrementar la resistencia del suelo ante los agentes erosivos.

II.1.3. Disminución de la compactación por tránsito, pisoteo o labranzas

Laboreos de emergencia para remover costras (planchado): la remoción puede realizarse con operaciones de labranza secundaria y de postemergencia dependiendo del momento en que se produzca el sellado superficial en relación a la implantación del cultivo. Las labores con rastras doble acción, de dientes, rotativas, puerco espín, entre otros tienen el objetivo de romper las costras y generar rugosidad superficial, llevando suelo húmedo a superficie, controlando, al menos en el corto plazo, el riesgo de erosión tanto hídrica como eólica.

Laboreos de descompactación superficial y subsuperficial: para fragmentar capas compactadas, mejorar la exploración radicular y el ingreso y movimiento de agua dentro del suelo, resulta conveniente realizar labores de descompactación, previo diagnóstico del mismo. Las herramientas comúnmente utilizadas son los escarificadores o cinceles cuando las impedancias sean superficiales y subsoladores cuando sean subsuperficiales. Tienen bajo impacto sobre la cobertura superficial.

Control del tránsito de equipos agrícolas: la cosecha con equipos muy pesados y en condiciones de excesiva humedad del suelo causa un cambio considerable en la estructura de la capa superficial y subsuperficial, incrementando la compactación. Sin embargo, en aquellos planteos donde la descarga a la tolva se hace únicamente en la cabecera, los niveles de compactación generados son los mínimos posible para este tipo de operación.

Manejo del pisoteo y pastoreo animal: En campos ganaderos, la magnitud de la compactación y su impacto sobre la erosión hídrica requiere considerar lo siguiente: contenido hídrico y textura del suelo, sistema de manejo del suelo y la pastura (i.e. sistema de labranza, fertilización), carga animal, tiempo de pastoreo asociado al sistema de pastoreo, la cobertura generada por la biomasa vegetal superficial, la estabilización de la estructura a partir del sistema radicular de los pastos, estructura de la comunidad vegetal, entre otros.

Los casos de exceso de escorrentía son particularmente críticos en los feed-lot localizados en sectores ondulados de la región, en los cuales es necesario un adecuado manejo de los excedentes, los cuales además son altamente contaminantes de ríos, arroyos y lagunas (En este sentido el diseño del feed-lot debe considerar con todo detalle el manejo de los efluentes).

II.2. Técnicas de manejo del relieve del campo

Se basan en acortar la longitud de la pendiente para disminuir el escurrimiento del agua. Se distinguen las siguientes técnicas:

Cultivos cortando la pendiente: esta práctica consiste en marcar una línea perpendicular a la pendiente principal de un lote, a fin de que sirva como línea guía para las labores y siembra de cultivos. Es una técnica

sencilla de implementar, que se adapta a condiciones de bajo potencial erosivo del sitio: pendientes uniformes, de bajo gradiente.

Cultivos en curvas de nivel: en este caso las operaciones de labranza y siembra se realizan siguiendo líneas que unen puntos de igual altura. El efecto de la práctica sobre la escorrentía es similar pero se aplica en condiciones de relieve más complejo y pronunciado que la técnica de cultivos cortando la pendiente.

Cultivos en fajas cortando la pendiente o en curvas de nivel: consiste en la siembra de fajas o paños alternados de cultivos densos, perennes y cultivos anuales o de dos cultivos anuales, perpendiculares a la dirección de la pendiente o siguiendo curvas de nivel. Tiene como objetivos disminuir la velocidad del agua de escurrimiento, desorganizar el flujo de agua superficial, aumentar la velocidad de infiltración del agua, capturar sedimentos, ejercer protección mutua entre franjas. Las operaciones agrícolas se ejecutan siguiendo la orientación de las fajas y requiere del ajuste en la relación de anchos de las franjas protectora y protegida y de una adecuada planificación de la rotación de cultivos. Esta técnica, especialmente la que incluye pasturas permanentes, es segura y efectiva para el control de erosión y es aplicable a situaciones con alto potencial de escurrimiento y erosión, en pendientes de elevado gradiente, en las cuales la longitud es controlada por la presencia de la pastura densa.

Terrazas de desagüe y terrazas de absorción: el objetivo común a ambos tipos de terrazas es cortar la longitud de la pendiente del lote con estructuras conformadas por un bordo de tierra de baja altura. El bordo interrumpe el flujo de la escorrentía, el que puede tomar dos caminos posibles, en función del tipo de terraza: A) en las *terrazas de desagüe* el escurrimiento circula lentamente por la porción cóncava de la terraza (canal de la terraza) y descarga en un canal de desagüe planificado a tal fin. Tanto el bordo como el canal tienen un pequeño gradiente no superior al 0,5% y B) en las *terrazas de absorción* el escurrimiento se acumula en la porción cóncava de la terraza, provocando allí su infiltración en el suelo. El bordo de la terraza no tiene pendiente, se encuentra a nivel. Ambas terrazas, para su construcción requieren movimiento de tierra, lo que incrementa su costo de ejecución y de mantenimiento permanente para asegurar que su funcionamiento sea correcto.

En la construcción de la terraza el bordo se puede realizar de dos formas: 1) de *base angosta*, terrazas empastadas, debido a que, al ser de sección más angosta, no pueden ser cultivadas, y terminan empastándose en la porción del camellón o bordo. Su ancho normalmente está entre 5 a 8 m, para una misma altura de terraza. Este tipo de terraza es más segura, ya que hay menores riesgos de rotura del bordo al estar empastado. Se utiliza en condiciones de mayor potencial de escurrimiento que la terraza de base ancha; 2) de *base ancha*, terrazas cultivables, donde el bordo de la terraza es lo suficientemente ancho como para que puedan ser cultivadas en su totalidad. Para que esto sea posible las terrazas deben tener un ancho de entre 10 y 15 m, distribuido en partes aproximadamente iguales entre canal y bordo, con una relación de taludes de aproximadamente 5 a 8:1. Esta forma aprovecha también la circunstancia de que un canal con tales especificaciones es un conductor de escorrentías a bajas velocidades.

Conclusiones

- El escenario climático húmedo presenta oportunidades y amenazas para la región. Desde el punto de vista productivo se esperan obtener resultados que superen la media de rendimientos para todos los rubros agrícolas. No obstante en las zonas onduladas de la región significa un incremento de las superficies afectadas por erosión hídrica.
- Para las zonas con riesgo de erosión hídrica, se recomienda extremar los cuidados en la siembra de los cultivos, tratando de garantizar una adecuada cobertura de rastrojos, descompactar los suelos y la realización de siembras cortando la pendiente de los lotes, o bajo sistemas de curvas de nivel o terrazas.
- La probabilidad de eventos de inundación por desborde de arroyos en las zonas deprimidas es menor, debido al control de crecientes ejercido por las presas del área serrana (Achiras y Las Lajas), la presa del Tigre Muerto y la presa El Chañar (Río Quinto).
- La situación de anegamientos por ascenso de napas en el Departamento P. Roque Saenz Peña es de severa a muy severa, afectando aproximadamente 220.000 de tierras con aptitud agrícola-ganadera.
- Se espera que la infraestructura de canales, tanto del sistema Devoto-Saladillo, como del sistema Rosales-Leguizamón, produzcan un alivio en la situación de anegamientos, a partir de un acortamiento del tiempo de permanencia del agua saturando el suelo.
- Se recomienda el seguimiento de niveles freáticos y salinidad de la napa en sitios representativos de los campos para mejorar los pronósticos.
- En suelos de aptitud agrícola con napa desde superficie hasta 50 cm de profundidad a Noviembre de 2012, no hay perspectivas de recuperación al menos hasta el invierno de 2013, ya que el suelo permanecería anegado hasta por lo menos el otoño 2013.
- En suelos de aptitud agrícola con napa entre 50 – 100 cm, los riesgos de anegamiento son altos, en especial en época de cosecha. Se recomienda pasturas o cultivos de bajo costo y posibilidad de cosecha en invierno 2013.
- En suelos de aptitud agrícola con napa entre 100-150 cm, los riesgos de anegamiento en otoño, si bien siguen siendo altos, permitirían asumir riesgos con cultivos agrícolas.
- En suelos de aptitud agrícola con napas por debajo de 150 cm, la situación es de bajo riesgo, y alto potencial de producción. Se recomiendan para estas situaciones, destinar los mayores esfuerzos tecnológicos y de inversión en cultivos. No obstante deberá determinarse la calidad de la napa presente.
- Durante la ventana de sequía, probable en Enero, se recomienda concentrar los esfuerzos en mantenimiento de la infraestructura de caminos vecinales y caminos internos de los campos, previendo condiciones de anegamientos en otoño.
- Es altamente probable la ocurrencia de dificultades de tránsito de caminos rurales durante el próximo otoño, por lo que se deberán hacer las previsiones que sean necesarias para garantizar la recolección y transporte de la próxima cosecha.