

# Valor económico del control de inundaciones en el Partido de Tres Arroyos, Pcia. de Buenos Aires, Argentina

**Adolfo O. N. Villanueva**  
**Georgina Cazenave**  
**Graciela Bilello**

**RESUMEN:** En la región objeto de este trabajo la producción agropecuaria es la principal fuente de actividad e ingresos y es también la principal demandante de una mejor gestión de los recursos hídricos. El 35% del PBI nacional se origina en la provincia de Buenos Aires, en buena medida a partir de actividades productivas que tienen el agua como insumo básico. El agua es uno de los condicionantes naturales para el desarrollo de la actividad agropecuaria, tanto por la calidad como por la cantidad (en exceso o en déficit). Por eso, los productores están entre los principales demandantes de un adecuado manejo de los recursos hídricos, reclamando en forma individual y a través de sus asociaciones la formulación de acciones y la necesidad de disponer de información hidrológica que le permita planificar sus medios de producción. De modo particular, esta necesidad abarca los temas de control de inundaciones, la predicción de sus efectos, la disponibilidad de agua en cantidad y calidad para la aplicación de riego complementario, y el acceso a información climática que le permita hacer más eficiente la aplicación de esa tecnología a los cultivos.

Se presenta una evaluación preliminar de los beneficios de aplicar medidas de gerenciamiento y control de inundaciones. En función de datos de áreas sembrada, área cosechada y volúmenes de granos producidos es posible estimar las variaciones en producción y productividad del partido. Mediante entrevistas a los productores y a especialistas de la región (Inta, SAGPyA) se identificó que las pérdidas de área y las disminuciones de productividad en la cosecha 2002-2003 fueron causadas por la inundación de noviembre de 2002. Un análisis económico a partir del valor de las pérdidas de producción y del costo de las obras planificadas y ejecutadas permitió estimar el valor económico de controlar el impacto de las crecidas.

**KEY WORDS:** flooding, water resources management, economic evaluation

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta una evaluación, simplificada y preliminar, de los potenciales beneficios de un adecuado gerenciamiento de recursos hídricos en el partido de Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina.

**ABSTRACT:** In the region object of this work, agricultural production is the main source of income and employment and is also the main stakeholder for a better management of water resources. About 35% of Argentina GDP is originated in Buenos Aires province, most of it from activities that have water as a basic input. Water is one of the natural limits for agricultural activities, both its quality and its quantity (in excess or deficit). Therefore, farmers are among the main claimants for a proper management of water, either individually and through their associations, asking for planning, actions and hydrological information that allow them to plan their activities. In particular, this need includes flood control, studies on water availability for irrigation, and access to climatic information that allows them a more efficient implementation of this technology to crops.

We present a preliminary evaluation of the benefits of flood control. Based on several year data of planted areas, harvested areas and total grain harvest, it is possible to calculate variation in production and yield for the region. Through interviews with farmers and experts from the region (Inta, SAGPyA) it was identified that the loss in planted area and decreases in yield in the 2002-2003 crop year were due to the November 2002 flood. An economic analysis based on the value of production losses and the cost of the works planned and executed to control flood impact allowed to estimate an economic value for flood control.

**KEY WORDS:** flooding, water resources management, economic evaluation

Dicha evaluación esta basada en el análisis de las pérdidas causadas por una inundación reciente, y en los costos de medidas destinadas a mitigar esas pérdidas.

El partido de Tres Arroyos está ubicado al SE de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 1),

con coordenadas geográficas  $38^{\circ} 23' S$  y  $60^{\circ} 16' W$  y una altitud media aproximada de 100 metros sobre el nivel del mar. Es un partido agrícola por excelencia, con un importante sector industrial en la zona urbana y peri-urbana. La superficie del partido es de 5.861 Km<sup>2</sup> y su población está cercana a los 57.000 habitantes en todo el partido, siendo que la ciudad cabecera tiene una población de 45.000 habitantes.

Según los datos de la Chacra Experimental Barrrow, localizada aproximadamente en el centro del partido, la precipitación media anual es de 762,8 mm (período 1938-2003). El mes más lluvioso es marzo, con 85,2 mm, y el menos lluvioso julio con 40,9 mm. En la figura 2 se puede ver la marcada estacionalidad de la lluvia, con un periodo húmedo, de octubre a abril, y uno seco, de mayo a septiembre. La temperatura media anual es de  $14,9^{\circ}C$ , siendo el mes más cálido enero, con  $22,8^{\circ}C$ , y el más frío julio, con  $7,5^{\circ}C$ .

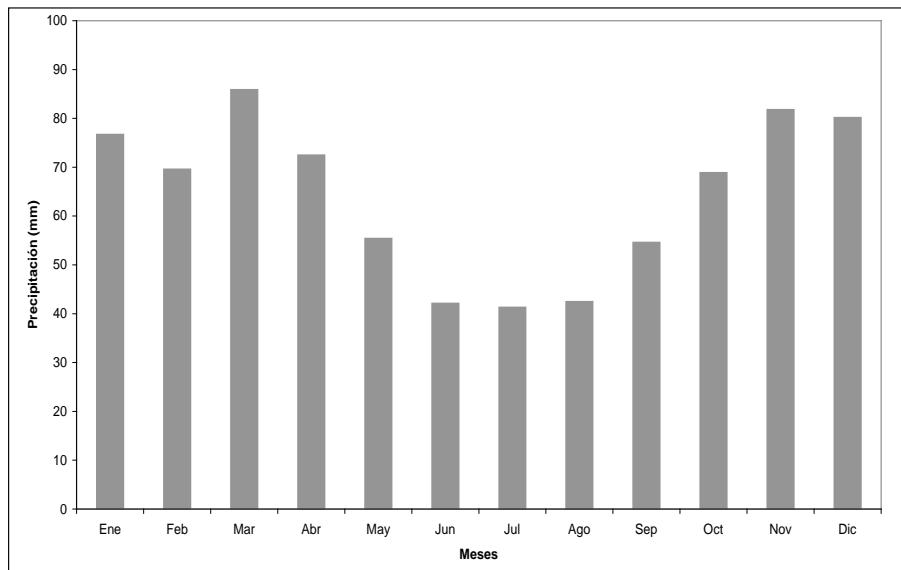
En la región en estudio la producción agropecuaria es la principal fuente de actividad e ingre-

sos (González, 2005), y es también la principal demandante de una mejor gestión de los recursos hídricos. Aún cuando la agricultura es de secano, el agua es uno de los condicionantes naturales para el desarrollo de la actividad agropecuaria, tanto por la calidad como por la cantidad (en exceso o en déficit). Por eso, los productores están entre los principales demandantes de un adecuado manejo de los recursos hídricos, reclamando, en forma individual y a través de sus asociaciones, la formulación de acciones y la necesidad de disponer de información hidrológica que le permita planificar su producción. De modo particular, esta necesidad abarca los temas de control de inundaciones, la predicción de sus efectos, la disponibilidad de agua en cantidad y calidad para la aplicación de riego complementario, y el acceso a información climática que le permita hacer más eficiente la aplicación de esa tecnología a los cultivos. La tabla 1 presenta los principales cultivos de la región, y sus correspondientes períodos de siembra y cosecha.

**FIGURA 1.**  
Ubicación  
del área de  
estudio.



**FIGURA 2.:**  
Lluvias me-  
dias mensua-  
les. Estación  
Barrow (Serie  
1945-2005)



**TABLA 1**  
Periodo de cultivo según especie en la región de Tres Arroyos

Cultivo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
trigo												
maíz												
girasol												
soja 1 <sup>a</sup>												
soja 2 <sup>a</sup>												
verdeos de invierno												

El impacto de una inundación sobre la productividad y la producción agrícola en la región fue evaluado para un período reciente (2000-2006). Para una inundación ocurrida en noviembre de 2002 se calcularon las pérdidas de producción, en toneladas y en US\$, a precios de mercado de la época. Complementariamente, se analizó la probabilidad de que un cultivo sea afectado por una inundación de ese tipo, comparando las épocas de ocurrencia de lluvias (con tiempos de retorno alto) con las épocas de cultivo (Cazenave, 2008).

Para obtener una estimación de cuanto podría ser mitigada una inundación, y cuál sería el costo de implantación de las medidas necesarias, se analizó una red de canales de drenaje implantada en el partido. Posteriormente, se aprovechó la modelación matemática

hecha en el marco de un proyecto previo (Villanueva et al., 2007) para estimar cuál sería la disminución del impacto de la inundación. Todos los valores utilizados en el análisis económico fueron chequeados con los productores y funcionarios locales, para tener certeza de que eran realistas y representativos.

Si bien dicho análisis es simple y preliminar, permite comenzar a cuantificar las mejorías que un manejo adecuado del agua produciría sobre la producción agropecuaria de la región.

## BENEFICIOS DE LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Como primer paso para el análisis de los beneficios generados por un manejo adecuado de los recur-

sos hídricos se definió, en conjunto con especialistas locales, cuáles serían potencialmente esos beneficios. Los mismos fueron definidos en tres categorías, que se listan a continuación.

a) Beneficios en inundaciones

- menor área afectada por la inundación, gracias a una mejor sistematización del terreno;
- menor tiempo de permanencia del agua;
- menores efectos de salinización por permanencia del agua, menor erosión y degradación de suelos en general;
- mejor oportunidad de labores y cosecha;
- menores impedimentos en el transporte;
- adecuado manejo de la transmisión de impactos hacia aguas abajo.

b) Beneficios en sequías

- aumento de disponibilidad de agua subterránea por disminución del drenaje excesivo de la napa freática;
- mayor disponibilidad de agua en la napa freática para riego complementario;
- napa freática más alta implica más humedad de suelo disponible y mejores rendimientos, o posibilidad de explotación en algunas áreas.

c) Beneficios generales

- ahorro y/o mejor aplicación de recursos públicos, debido a un mejor diseño de políticas, acciones y obras, y a una mejor coordinación entre las mismas;
- disponibilidad de información hidrológica verificada y sistematizada para uso por productores, organismos públicos, industrias, etc.;
- conocimiento de la disponibilidad de agua subterránea, su distribución espacial y calidad, lo que permitiría una mejor evaluación y planeamiento de la utilización de riego complementario;
- medidas de gerenciamiento de carácter “público” sirven a todos por igual, y disminuyen la vulnerabilidad de pequeños productores y sectores carentes de la población;

Respecto de los productores, condiciones de producción más estables o que al menos permitan paliar algunos efectos negativos, sería un factor favorable para revertir la tendencia actual a la concentración de la explotación y tenencia de la tierra y a la desaparición de productores (González, 2005).

Cabe acotar que no todos los beneficios posibles del manejo adecuado de los recursos hídricos son necesariamente rentables. Por ejemplo, el riego complementario con agua subterránea, que necesita una considerable inversión inicial, y depende de factores tales costo de la energía e incremento potencial del rendimiento, con frecuencia no es rentable en esta región. Sin embargo, aún en ese caso hay beneficios con una gestión adecuada, ya que esta permite disponer de las informaciones hidrológicas necesarias para el análisis técnico y económico.

Otra cuestión a tener en consideración es que las medidas y criterios de gestión deben contemplar la alternancia natural entre ciclos húmedos y secos, para que los beneficios en una parte del ciclo no ocasionen pérdidas en la otra. Es frecuente que, durante una época seca, los productores reclamen que los canales construidos para aliviar una inundación anterior están drenando la napa freática, desperdiando agua preciosa.

La evaluación económica de los beneficios del gerenciamiento es una tarea compleja, dado que la mayoría de ellos son difíciles de cuantificar. De hecho, muchos caen en la categoría de intangibles. Por otro lado, es necesario tener una evaluación, aunque sea simplificada, de cuáles son los valores involucrados. Poder presentar una estimación de los montos de dinero en juego es sumamente útil en el análisis de alternativas y cuando se dialoga con tomadores de decisión y otros actores no técnicos.

En función de eso, y a los efectos de no quedar en un planteo solo enunciativo de los beneficios, se analizó cómo generar una cuantificación simplificada. O sea, se buscó tener una primera estimación de los beneficios posibles, y de los costos de obtener esos beneficios. En el caso bajo análisis, como el principal impacto de los recursos hídricos se da por inundaciones y sequías, una forma de estimar beneficios es a través de las pérdidas que podrían ser evitadas.

Un análisis completo de cuánto sería posible ganar (o dejar de perder) a partir de un manejo adecuado de los recursos hídricos está fuera del alcance de este trabajo. Lo que sí es posible es hacer una estimación de los montos de dinero involucrados en un evento específico y, a partir de esos números, una primera evaluación de la conveniencia del gerenciamiento de recursos hídricos.

Se concluyó que, para obtener números objetivos y verificables, era mejor concentrarse en un caso concreto, con impactos bien identificables y recientes,

de manera que todavía estuviesen en la memoria local. El caso que cumple esas condiciones es la inundación de noviembre de 2002. Si bien ese tipo de análisis produce una evaluación parcial, limitada a efectos que pueden ser cuantificados directamente, ese valor puede ser considerado como un “piso” de los beneficios que pueden ser obtenidos.

Para obtener esa estimación se trabajó con un periodo corto y reciente, 2000-2006, o sea 6 campañas agrícolas (2000/2001 a 2005/2006). Ese periodo incluye una inundación (noviembre de 2002), cuyo tiempo de retorno ha sido estimado en 10 años (Villanueva et al. 2007). Como el periodo es reciente es posible contar con información directa sobre lo que aconteció, en particular en relación a la inundación. Por otro lado, en ese periodo no hubo variaciones significativas de las condiciones tecnológicas de la siembra, por lo que las variaciones de rendimiento son debidas a factores externos, inundación en este caso.

## INUNDACIONES Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

### Inundaciones de llanura

La llanura pampeana es un área de muy baja pendiente, donde el relieve es muy suave (del orden de un metro) y la red de drenaje no está bien definida. Eso genera un comportamiento hidrológico atípico del sistema, en especial durante inundaciones. Varios fenómenos condicionan el comportamiento hidrológico de las llanuras:

- ☒ el almacenamiento en áreas bajas del terreno tiene mucho peso en el balance hídrico;
- ☒ el peso relativo del movimiento vertical del agua es mucho mayor que en sistemas hidrológicos típicos;
- ☒ en inundaciones el escurrimiento en lámina es muy frecuente, a veces más que el encauzado;
- ☒ el escurrimiento puede tomar caminos diferentes dependiendo de la altura de agua;

Durante las inundaciones, el concepto de convergencia del escurrimiento hacia una red de drenaje, que es la principal vía de movimiento del agua, no es aplicable. La capacidad de escurrimiento de los cauces es muy pequeña, y el valle de inundación no está bien definido. Eso genera inundaciones de poca profundidad y gran extensión; un arroyo de pocos metros de ancho puede tener un frente de inundación del orden de varios kilómetros. Además, se produce un fenómeno de llenado y encadenamiento de áreas bajas y el agua ocupa, de manera discontinua, su-

perficies del orden de centenas o miles de km<sup>2</sup>. Son inundaciones de pequeña profundidad, generalmente menos de un metro, y tiempo de permanencia muy largo en relación al área de aporte. En esos casos, no es rara una lámina de agua de algunas decenas de centímetros durante 10, 15 o hasta 20 días.

### Impacto de las inundaciones

La relación entre falta o exceso de agua y rendimiento de los cultivos es intuitivamente clara; la sequía es la maldición tradicional de los agricultores. El daño causado por inundaciones también es bien conocido, y frecuenta las páginas de los diarios. Sin embargo, pasar de esos conceptos intuitivos a una relación causal definida y a una cuantificación de impactos esta lejos de ser simple.

Eso es particularmente cierto en el caso de inundaciones en áreas de llanuras, ya que su efecto no es la destrucción total del cultivo que suele causar una inundación tradicional. Por sus características de pequeña profundidad y larga duración, las inundaciones en llanura causan pérdidas (con frecuencia parciales) por la suma de varios efectos (daño de plantas, aumento de plagas, afectación del ciclo vegetativo, etc.). Además, el efecto sobre una planta de una inundación de pocas decenas de centímetros de profundidad, durante algunos días, tampoco es bien conocido. Especialistas en fisiología vegetal, consultados sobre el asunto, comentaron que no se conocía porque en áreas donde la probabilidad de inundación es alta usualmente no se siembra (Manfreda y Lazaro, 2008).

Cuando se analiza una serie histórica de valores de producción y/o rendimiento, la principal incertezza en relación a las caídas de producción y/o rendimiento es la causa de esa caída. Además de inundaciones y sequías, diferentes factores pueden provocar menor producción, como heladas, granizo, plagas y enfermedades, etc. Esos factores pueden también actuar en forma combinada. En el análisis de una serie histórica larga, no es fácil saber cual fue la causa (o causas) de la caída de producción en un año determinado, sobre todo para los datos más antiguos. Ese fue uno de los motivos para usar una serie corta y reciente, lo ocurrido todavía está fresco en la memoria local. En el caso de la campaña 2002/2003, los productores y autoridades de la región confirmaron que la causa de la pérdida de rendimiento fue la inundación.

Para ver la relación entre épocas de cultivos e inundaciones se analizó la serie de datos de lluvias

diarias 1969-2007 (Cazenave, 2008). En el análisis de esa serie se consideran eventos lluviosos de uno a cuatro días consecutivos, con recurrencia mayor a dos años (Cazenave et al., 2005). De ese análisis de lluvias intensas se concluyó que las lluvias de dos días son las más representativas del riesgo de inundación, ya que los días adicionales suman un porcentaje menor de la lluvia total de los eventos. Teniendo en cuenta, esto se analizó, para diferentes recurrencias, cómo se distribuyen a lo largo del año los eventos intensos de dos días consecutivos de lluvia.

El análisis permitió identificar que los eventos críticos tienen una marcada tendencia a ocurrir en los períodos en que hay girasol y/o trigo plantado. En la tabla 2 se presenta el porcentaje de eventos críticos que ocurrieron en los períodos de cultivo de trigo y/o girasol. El análisis de la tabla muestra la vulnerabilidad de la agricultura en Tres Arroyos a la ocurrencia de inundaciones. El 80 % de las lluvias con tiempo de retorno mayor que 5 años ocurre en épocas en que aproximadamente el 70 % del partido está bajo cultivo. Cabe recordar que la inundación de noviembre del 2002 fue causada por una lluvia de 10 años de tiempo de retorno.

La coincidencia entre eventos críticos y período de cultivo es debida a la estacionalidad del régimen de lluvias. Como fue presentado en la figura 2, las

lluvias ocurren principalmente en primavera-verano (septiembre a marzo). Las lluvias de verano tienden también a ser más intensas, aumentando la probabilidad de que causen inundaciones.

### EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS PÉRDIDAS DE LA INUNDACIÓN DE NOVIEMBRE DE 2002

La SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación) dispone de las series históricas de área sembrada, área cosechada, producción y rendimiento de los diferentes cultivos, a partir de la campaña 1969/70, para cada partido de la Pcia. de Buenos. Como ya fue mencionado anteriormente, el trigo (pan y candeal) y el girasol responden por la mayoría de la producción (aproximadamente 80 % del área sembrada y del valor de la producción). Sólo en los últimos dos años la soja ha comenzado a ocupar un área significativa. En función de eso, la evaluación de las perdidas provocadas por la inundación de noviembre de 2002 se hizo en base a la pérdida de área sembrada y de rendimiento del trigo y del girasol.

Las tablas 3 y 4 muestran, para el período de estudio, los valores de área sembrada y producción de trigo y girasol en el partido de Tres Arroyos.

**TABLA 2**  
**Cantidad de eventos de dos días consecutivos de lluvia para distintas recurrencias.**  
**Estación Barrow, serie 1969-2007.**

uso del suelo	Tr > 5 años		Tr > 10 años		Tr > 50 años	
	eventos	%	eventos	%	eventos	%
solo girasol	8	40.0	4	44.4	2	100.0
solo trigo	2	10.0	0	0.0	0	0.0
trigo y girasol	6	30.0	3	33.3	0	0.0
total en trigo y girasol	16	80.0	7	77.8	2	100.0
total otros	4	20.0	2	22.2	0	0.0
total eventos	20	100	9	100	2	100.0

**TABLA 3**  
**Trigo pan y candeal 2000-2006**

<b>Ciclo (Año)</b>	<b>Sup. Sembrada (ha)</b>	<b>Sup Cosechada (ha)</b>	<b>Rendimiento (ton/ha)</b>	<b>Producción (ton)</b>
2000 / 2001	267200	267200	3,2	849600
2001 / 2002	251000	246500	3,4	833250
2002 / 2003	248700	221700	2,5	563320
2003 / 2004	260900	260900	3,5	916630
2004 / 2005	274500	274500	3,2	868750
2005 / 2006	249704	249704	2,8	704716

**TABLA 4**  
**Girasol 2000-2006**

<b>Ciclo (Año)</b>	<b>Sup. Sembrada (ha)</b>	<b>Sup. Cosechada (ha)</b>	<b>Rendimiento (ton/ha)</b>	<b>Producción (ton)</b>
2000 / 2001	100500	98500	1,5	147750
2001 / 2002	141000	139600	1,7	230340
2002 / 2003	141000	138000	1,2	172000
2003 / 2004	123874	123874	1,7	210000
2004 / 2005	142500	142500	1,9	270750
2005 / 2006	150000	150000	1,8	265000

La pérdida de producción puede ser estimada como la suma de la pérdida de área (diferencia entre el área sembrada y el área cosechada) más la pérdida de rendimiento del área cosechada. La pérdida de rendimiento fue estimada por la diferencia entre el rendimiento en esa campaña (2002/2003) y el rendimiento medio del periodo 2000-2006. La ecuación (1) expresa la perdida:

$$PP = (Asem - Aco)Rmed + (Rend - Rmed)Aco, \text{ donde} \quad (1)$$

PP: pérdida de producción

Asem: área sembrada

Aco: área cosechada

Rmed: rendimiento medio 2000-2006

Rend: rendimiento de esa campaña

El rendimiento medio (Rmed) fue calculado como la media de las seis campañas entre 2000 y 2006. Eso da una estimación conservadora, ya

que incluye el valor de la campaña 2002/2003. De cualquier manera, a modo de verificación, fueron calculadas las pérdidas utilizando otras estimaciones de la media y la variación fue pequeña, lo que mostró que el error eventualmente derivado de ese cálculo no es significativo a los efectos de este trabajo.

El resultado de aplicar la ecuación (1) a la campaña 2002/2003 es una pérdida de 207.700 toneladas de trigo y de 57.300 toneladas de girasol. Comparado con la producción media de ese periodo (790.000 ton/año de trigo y 216.000 ton/año de girasol), la pérdida es del 26 %.

El paso siguiente es asignar un valor monetario a esa pérdida de producción. Para eso se tomó el precio medio de cada uno de los dos cultivos en el periodo 2000 a 2006. Las figuras 3 y 4 muestran la evolución de los precios de esos granos para el periodo 1992-2007, con precios medios de 5 años (5 años anteriores) y los precios medios anuales del periodo 2000-2006. Para ese periodo, el precio medio es de

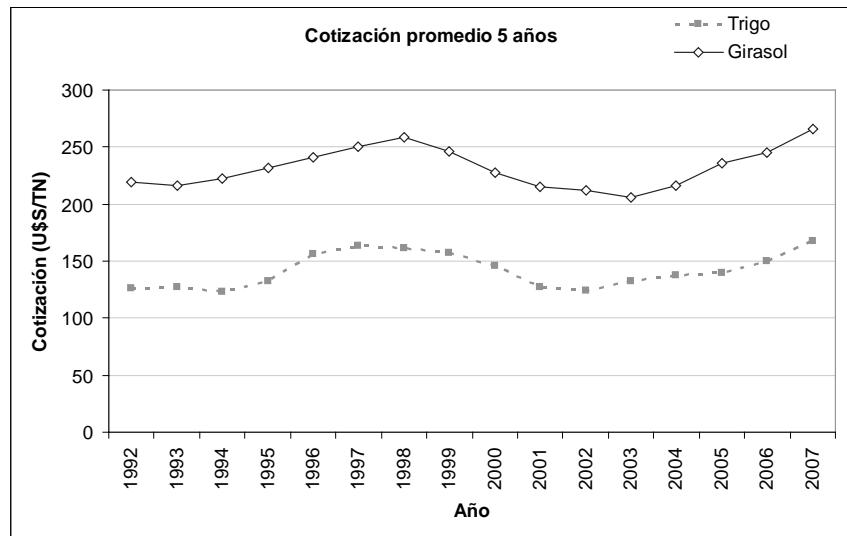
141 US\$/ton para el trigo y de 225 US\$/ton para el girasol.

Aplicando esos precios a los valores de pérdida de producción de trigo y girasol, se obtiene un valor monetario para la pérdida de US\$ 29 millones para

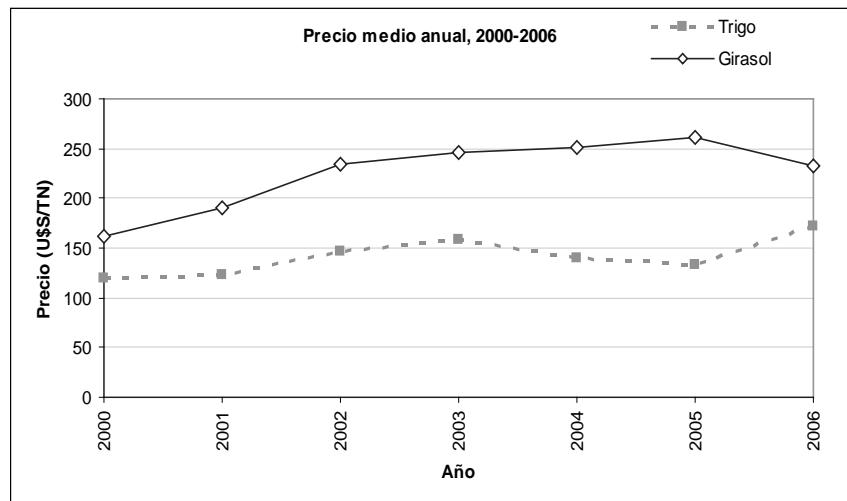
el trigo, y US\$ 13 millones para el girasol; o sea, US\$ 42 millones en perdidas directas causadas por una inundación de 10 años de tiempo de retorno (10 % de probabilidad de ocurrencia en un año cualquiera).

50

**FIGURA 3.** Precio de trigo y girasol promedio de 5 años (US\$/ton, FOB puertos argentinos).  
Fuente: Reseña estadística 2008, Márgeos Agropecuarios, [www.margenes.com](http://www.margenes.com)



**FIGURA 4.** Precio medio anual de trigo y girasol de 2000 a 2006 (US\$/ton, FOB puertos argentinos). Fuente: Reseña estadística 2008, Márgeos Agropecuarios, [www.margenes.com](http://www.margenes.com)



## COSTO E IMPACTO DE MEDIDAS DE CONTROL DE INUNDACIONES

Para obtener una estimación del costo de mitigar el impacto de la inundación se analizó la red de canales de drenaje existente en el partido de Tres Arroyos. Eso no significa que se considere que los canales son necesariamente la única o la mejor medida para controlar los impactos de una inundación. Como en el análisis de la inundación de noviembre de 2002, su estudio permite obtener números objetivos y verificables, ya que existe una relación directa entre el fenómeno (inundación) y las medidas de control consideradas.

Con el objetivo de paliar las inundaciones la Dirección de Vialidad e Hidráulica Rural de Tres Arroyos decidió la mejora y extensión de la red de canales, para llevarla a un total de aproximadamente 678 km de longitud. Son canales excavados en tierra y sin revestimiento, de un tamaño del orden de 1,5 m de ancho y 2,0 m de profundidad. La mayoría de esos canales ya ha sido construida. En este ítem se presenta la estimación del costo de construcción de la red completa y una estimación de su impacto sobre la inundación.

Según las autoridades de la Dirección de Vialidad e Hidráulica Rural, el costo total de construir ese sistema de canales oscila entre US\$ 300 mil y US\$ 750 mil (valores 2008). El motivo de esa variación está en los diferentes tipos de máquina que es posible o necesario usar para la construcción, y en la forma de “contratación” de esas maquinarias.

Por ejemplo, el costo de US\$ 300 mil corresponde al uso de una retroexcavadora de propiedad del municipio, y el de US\$ 750 mil al uso de una topadora alquilada, en ambos casos para la totalidad de los canales. Factores como tipo de suelo, presencia de mantos petro-cálcicos (tosca), disponibilidad de máquinas, etc., condicionan el tipo de maquina y la forma de “contratación”.

Otro costo que debe ser contemplado es el de mantenimiento de la red de canales. No es raro el caso que, “al calor” de una inundación se construya el sistema de canales, después se olvide de mantenerlos en condiciones, y en la próxima inundación su efecto sea mucho menor que el necesario o proyectado. El costo de manutención para una red de canales del tipo y tamaño de la de Tres Arroyos es del orden de US\$ 70 mil por año, también según Dirección de Vialidad e Hidráulica Rural.

Haciendo un análisis sobre un periodo de 10 años, sumando ambos costos en la situación más

desfavorable, o sea asumiendo el mayor de los costos para la construcción, y considerando todos los costos de mantenimiento como costos presentes, se llega a un total de US\$ 1,45 millones.

Para analizar el efecto de los canales, se utilizaron simulaciones computacionales de algunas alternativas de mejoras en la red de canales, ejecutadas como parte de un trabajo desarrollado para la Dirección de Vialidad e Hidráulica Rural (Villanueva et al, 2007). La figura 5 muestra el área inundada, 13 días después de finalizada la lluvia, para dos alternativas de canalización. Por una cuestión de visualización, las figuras muestran un área parcial, de aproximadamente 12 km (este-oeste) por 24 km (norte-sur), correspondiente a la región de Orense, en el centro-sudoeste del partido. El área en gris es área inundada, cuanto más oscuro el gris, mayor la profundidad. Las líneas y áreas muy oscuras corresponden a canales y bajos semi-permanentes.

Las diferencias entre las dos alternativas de canalización no son muy grandes, y consisten en un canal paralelo a la Ruta Provincial 228 (RP 228), en el aumento de eficiencia hidráulica de algunos tramos y puntos críticos y en construcción de algunos canales complementarios para mejorar el funcionamiento de la red. Aunque las diferencias en las obras no son muy grandes, es posible notar en la figura 5 la disminución del área inundada.

El análisis de las simulaciones mostró que sería perfectamente viable reducir el impacto de las inundaciones entre el 10 % y el 20 %, como estimación conservadora, dependiendo de la región del partido y de cual conjunto de obras se ejecute. Una reducción del 10 % al 20 % en las perdidas de una inundación como la de noviembre de 2002 significa entre 4 y 8 millones de US\$. Eso significa que una inversión de US\$ 1,5 millones permitiría evitar una perdida de US\$ 4 a 8 millones en una sola inundación con una probabilidad de ocurrencia de 10 %.

Un detalle interesante comentado por las autoridades locales es que los costos de una red de canales proyectada según un enfoque integrado y sustentable no son más altos que los de una red hecha según la urgencia del momento. En otras palabras, un buen gerenciamiento no es más caro que un mal gerenciamiento.

Un análisis más detallado de alternativas de control de inundaciones, en el marco del gerenciamiento integrado de recursos hídricos, está siendo desarrollado en el proyecto “Desarrollo de criterios y pautas para gerenciamiento de recursos hídricos en áreas de llanura”. Ese proyecto es desarrollado por

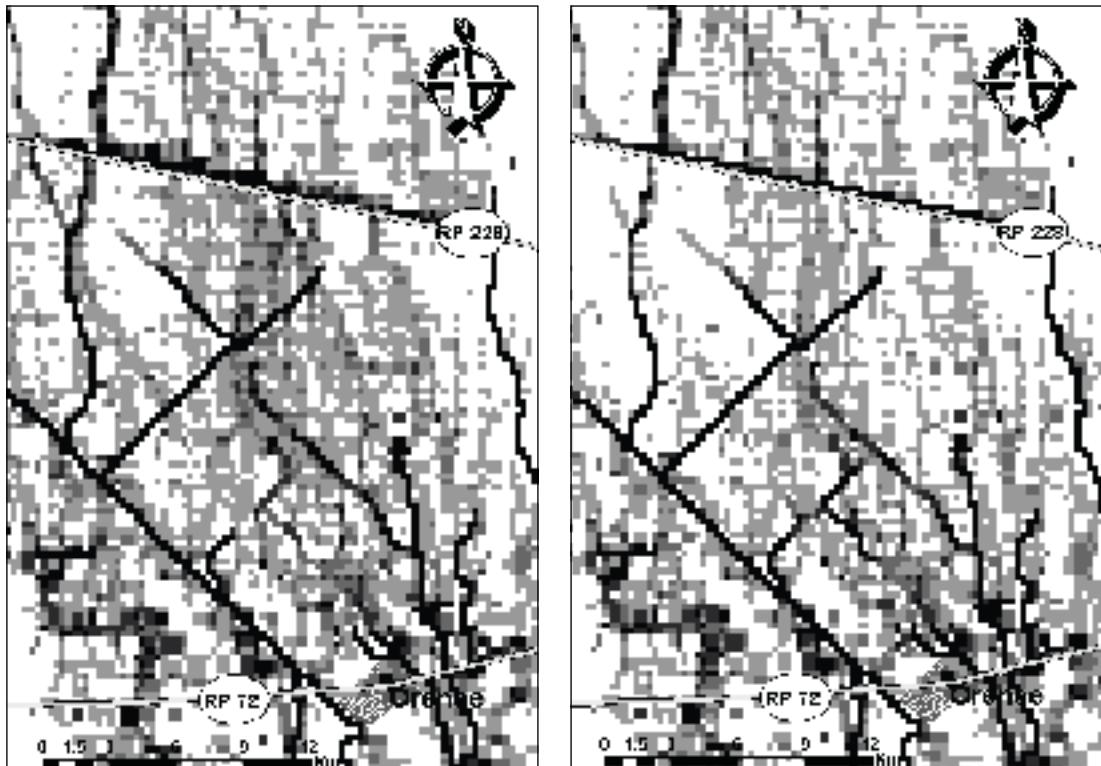


Figura 5: Resultado de la simulación de dos alternativas de obras de canalización: a) simulación con red de canales nov. 2002. b) simulación con red de canales con algunas mejoras ya ejecutadas.

el Instituto de Hidrología de Llanuras (UNCPBA), la Facultad de Agronomía (UNCPBA) y la Chacra Experimental Barrow (Inta-MAA). El proyecto es financiado por la Agencia Nacional de Ciencia y Tecnología y la Dirección de Vialidad e Hidráulica Rural de Tres Arroyos.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del estudio del caso presentado en este trabajo son:

- ☒ la inundación de noviembre de 2002, de 10 años de tiempo de retorno, causó una pérdida de aproximadamente US\$ 42 millones, o sea 25 % del valor de la producción de trigo y girasol y aproximadamente 20 % de la producción agrícola del partido de Tres Arroyos;
- ☒ medidas de manejo del agua planteadas adecuadamente permitirían reducir esa pérdida entre un 10 y un 20 %; un conjunto completo de políticas y obras probablemente permitiría una reducción aún mayor;
- ☒ los costos del gerenciamiento son en general muy bajos comparados con los volúmenes de dinero involucrados. Los costos de estudios y proyectos son bajos, y los costos de obras, que podrían ser significativos en algunas situaciones, son una de las variables consideradas dentro del análisis de las medidas de gerenciamiento;
- ☒ el presente análisis no contempló todos los beneficios que resultarían de un adecuado gerenciamiento de los recursos hídricos, sólo los de un caso específico, y aun así el balance económico es altamente positivo. Si se sumaran los efectos de los otros beneficios mencionados en este trabajo, la conveniencia/necesidad del gerenciamiento es clara.

## Referencias

- CAZENAVE, G., 2008. *Tormentas máximas y períodos de cultivo en el partido de Tres Arroyos, Pcia. de Buenos Aires*. Informe interno del proyecto "PID 35765 - Desarrollo de criterios y pautas para gerenciamiento de recursos hídricos en áreas de llanura"
- CAZENAVE, G., L. VIVES y A. VILLANUEVA, 2005. *Ánálisis de precipitaciones en el partido de Tres Arroyos*. Informe de avance del Programa Integral de Gestión Sustentable de los Recursos Hídricos del Partido de Tres Arroyos, IHLLA-UNCPBA
- GONZÁLEZ, MARÍA del CARMEN, coordinadora, 2005. *Productores familiares pampeanos: Hacia la comprensión de sus similitudes y diferenciaciones zonales*. Astralib Cooperativa Editora. Bs. As. ISBN 987-1214-01-4
- MANFREDA, V. y A. LAZARO, 2008. *Comunicación personal*. Cátedra de fisiología vegetal, Fac. de Agronomía, UNCPBA, Azul, Argentina
- SAGPyA, 2006. Estimaciones Agrícolas - Provincia de Buenos Aires. Secretaría de Agricultura Pesca y Alimentación de la Nación. Dirección de Coordinación de Delegaciones. Buenos Aires, Argentina.
- VILLANUEVA, A., C. SCIOLI, L. VIVES y F. GIL, 2007. *Hidrología superficial en el partido de Tres Arroyos, Pcia. De Buenos Aires*. Informe Técnico del Programa Integral de Gestión Sustentable de los Recursos Hídricos del Partido de Tres Arroyos, IHLLA-UNCPBA Y Dirección de Hidráulica y Vialidad Rural

**Adolfo O. N. Villanueva** Instituto de Hidrología de Llanuras, Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires. E-mail: avillanueva@faa.unicen.edu.ar

**Georgina Cazenave** Becaria ANPCyT, Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires. E-mail: cazenave@faa.unicen.edu.ar

**Graciela Bilello** Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires. E-mail: gbilello@faa.unicen.edu.ar