

JORNADAS REGIONALES INTERDISCIPLINARIAS SOBRE AMBIENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS HIDRICAS  
SANTA FE, 27 AL 29 SETIEMBRE DE 1995

**Implicancias Antrópicas en los Procesos  
de Inundaciones de Areas Llanas**

Erik Daniel Zimmermann, Dr. Ing.

Inv. Asist. CONICET  
Centro Universitario Rosario de Investigaciones Hidroambientales  
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - UNR.  
Riobamba 245 bis - 2000 Rosario.

Resumen:

En las zonas llanas de nuestro país, áreas agrícolas por excelencia, toda obra de ingeniería realizada por el hombre y el uso de sus recursos sin una planificación que la integre con la naturaleza, contribuye a empeorar situaciones ambientalmente adversas.

El efecto de las inundaciones, tópico que se aborda en este trabajo, se da merced a la interacción del hombre y el medio ambiente sin implicar una relación unilateral ("la naturaleza agrade") sino que englobando un proceso interdependiente.

Dos acciones antrópicas fundamentales establecen estas relaciones con el ambiente: la ocupación de territorios del curso de agua y alteración de la respuesta hidrológica de los sistemas en los que está inmerso mediante el uso no planificado de los recursos suelo y agua.

En el ámbito de la Argentina la agricultura química ha avanzado rápidamente y junto a la llamada "desganaderización" protagonizada por la revolución agrícola pampeana que tuvo lugar a partir de los años '70, se ha provocado procesos de erosiones severas e impermeabilizaciones en la pampa húmeda.

La cuenca del arroyo Ludueña, que atraviesa el ejido urbano de Rosario en su ala norte, fue objeto de numerosos estudios hidrológicos con fines de investigación, encarados en el ámbito del Departamento de Hidráulica e Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (Rosario).

La cuenca ha sufrido las consecuencias de la revolución agrícola de los '70, demostrando en este trabajo, ya sea mediante la observación de registros limnigráficos ó la calibración de parámetros de modelos de simulación implementados en ella, que la sobreexplotación irracional del suelo ha provocado un proceso de impermeabilización progresivo junto a una disminución considerable de los tiempos de respuesta hídrica a las precipitaciones.

Se presentan, finalmente, conclusiones acerca de la necesidad de revertir los mencionados efectos cambiando la concepción de la relación hombre-medio ambiente.

## Introducción

El efecto de las inundaciones se da merced a la interacción del hombre y el medio ambiente sin implicar una relación unilateral ("la naturaleza agrade a la ciudad") sino que englobando un proceso interdependiente puesto que es el hombre quien ocupa territorios del curso de agua y altera el comportamiento del mismo percibiendo las consecuencias que él mismo agrava.

La acción del hombre puede modificar, premeditada o involuntariamente, el funcionamiento de un curso de agua o de su sistema o cuenca colectora, a tal punto de que si es superada la capacidad de absorción de la misma los cambios inducidos pueden romper el equilibrio establecido naturalmente.

Los sistemas hidrológicos (cuencas) emplazadas en llanuras son especialmente sensibles a los cambios artificiales. Puede deducirse que el efecto que provoca un terraplén de una ruta o del ferrocarril es comparable al que produce un dique de kilómetros de extensión en una cuenca emplazada en zonas de montaña, advirtiéndose la trascendencia de modificaciones aparentemente triviales como lo son los surcos de arado (Caamaño Nelli, et al, 1990). Como consecuencia de la baja pendiente de las áreas llanas (del orden de 50 cm/km, o menos) un desnivel de un metro significa una barrera infranqueable desde el punto de vista hidrológico, que altera el escurrimiento natural de las aguas, acumulándolas.

## La inundación del hombre

La ocupación (o inundación) del hombre de los territorios que constituyen un patrimonio natural del río es, en parte, causante de graves problemas que demandan un alto costo de soluciones. El hecho se relaciona con la apropiación que el hombre realiza de la naturaleza, concretamente, del uso de la tierra, que tiene una contrapartida eminentemente social.

Los niveles de ingreso de la población establecen un sistema discriminatorio de acceso a la tierra urbana: los de mayores ingresos comprarán tierras y viviendas; los de mediano ingreso podrán solamente alquilarlas y los de bajos ingresos y subocupados se establecerán en tierras de escaso valor, marginales, distantes y sobre las riberas de ríos o canales sujetas a inundaciones o contaminación y, sin posibilidad de instalación de servicios públicos o en zonas industriales deterioradas o contaminadas. Un importante sector de la población (que constituye un fenómeno creciente en la actualidad) tiene que vivir en condiciones precarias y de grave hacinamiento que contribuye, a su vez, al deterioro de las condiciones de higiene ambiental con graves repercusiones sobre la salud (Sunkel, 1981).

Haciendo referencia a las inundaciones urbanas sufridas en Buenos Aires, frecuentemente se sostiene que "el clima está cambiando", argumentación poco veraz ya que no existen cambios apreciables entre las características de las lluvias actuales y las registradas en décadas pasadas, dejando entrever la errónea concepción de una actitud pasiva del hombre frente a la naturaleza que lo agrade, sin poder visualizar su rol como transformador de la misma. La ciudad de Buenos Aires creció sin hacerse cargo de los cursos de agua que la atravesaban, que fueron sepultados mediante entubamientos. Las inundaciones aparecen como consecuencia de la subdivisión y el loteo de tierras con fines urbanos en donde la morfología del suelo y los cursos de agua señalan que en cualquier momento pueden verse bajo las aguas. Esto aparece como evidente si se miran las orillas del río Reconquista, donde gran parte de barrios y villas han sido asentados en zonas que objetivamente son del río. Las casas ubicadas sobre

la avenida J.B. Justo están, en realidad, sobre el entubado lecho del arroyo Maldonado, que cuando la capacidad de éste entubamiento es superada, retoma su antiguo cauce por encima del asfalto (Federovisky, 1990). Obviamente el grado de urbanización (impermeabilización) actual es muy superior al que se ha predicho en los cálculos durante la construcción de los entubados, haciendo que los volúmenes de agua a evacuar sean considerablemente mayores a la insuficiente capacidad de los tubos.

Aquí se puede apreciar el agravamiento de la situación por la rápida expansión del sector urbano hacia áreas menos densamente pobladas cuyo desmonte y pavimentación impiden la absorción normal de las lluvias, perjudicando a las zonas más bajas (receptoras). El crecimiento de la ciudad debe ser planificado a tal efecto.

La falta de conciencia no es una actitud que pueda achacárseles a las autoridades de gobierno:....."En 1949, después de una violenta inundación, se promulgó una ordenanza municipal (Buenos Aires) que prohibía la venta para edificación de todo terreno que estuviera por debajo de la cota 3,35 metros. Seis años después, la ordenanza fue prolijamente derogada y la ciudad siguió su rumbo, el que la condujo a una vulnerabilidad tal que 120 mm. de lluvia tienen el efecto de un misil"..... (Federovisky, 1990).

El mismo proceso se da con el entubamiento del A° Ludueña que atraviesa la ciudad de Rosario.

### La explotación de los recursos rurales

La actividad económica del sector agrícola se ha modificado considerablemente en los últimos 25 años, en cuanto a formas de trabajo de la tierra y producción. Bajo el marco latinoamericano (agroexportador por excelencia) el producto bruto agrícola ha aumentado 2,5 veces en ese período y los recursos provenientes de ello proveen casi la mitad del financiamiento de los insumos importados.

Este crecimiento expansivo de la agricultura en Latinoamérica se ha realizado a costa del deterioro por sobreexplotación de los recursos naturales, especialmente en los minifundios (\*), afectados por la mecanización y la artificialización en la producción. El uso de fertilizantes se incrementó a razón del 13,8% anual (CEPAL/FAO, 1976).

En el ámbito de la Argentina la agricultura química ha avanzado rápidamente. Los procesos de devastación, inducidos por ello, se ocultan merced a la gran disponibilidad de tierras que tiene el país. La llamada "desganaderización" protagonizada por la revolución agrícola pampeana que tuvo lugar a partir de los años '70, ha provocado procesos de desertificación en la pampa húmeda.

Se ha perdido lo que representaba una especie de agricultura orgánica al destinar el suelo para la producción exclusiva de granos, evolucionando hacia el **monocultivo** y eliminando la rotación de cultivos con pasturas para la ganadería.

Esta desganaderización ha provocado la aparición de plagas y enfermedades que incrementaron el uso de pesticidas y el consiguiente aumento de contaminación ambiental que afecta a animales y al hombre (Ruscio, 1990). Sin embargo persisten presiones económicas que obligan al productor agropecuario para que obtenga el máximo beneficio y en el menor tiempo posible. Los agricultores son empujados

hacia una agricultura intensiva, donde el suelo paga las consecuencias con su degradación, con o sin el uso de fertilizantes. Esta degradación se traduce en erosión de suelos (el problema más grave de la agricultura latinoamericana) y el consecuente proceso de sedimentación de los cursos de agua.

Obviamente, éstos procesos destructivos en el medio ambiente, irreversibles en gran parte, será un legado a las generaciones futuras, provocado por apetitos inmediatos.

En lo que atañe al proceso de inundación, el excesivo laboreo y la erosión provocada se traduce en la formación de costras en la superficie del suelo que impiden la infiltración de las lluvias por impermeabilización. El agua escurre por la superficie, lavando los nutrientes del suelo, erosionando, dejando a la vista los horizontes más pobres en materia orgánica (de ahí la necesidad de incorporarla artificialmente) y contribuyendo al consecuente anegamiento. El agua que no se incorpora a la estructura del suelo no sólo se inutiliza desde el punto de vista agrícola sino que es la que provoca procesos de inundación.

#### La cuenca del A° Ludueña

En la década del '70 cambian las condiciones de uso del suelo en la cuenca del arroyo Ludueña, pasando de una economía basada en la explotación ganadera a una agricultura extensiva (soja, maíz, forrajes..). Esto implicó modificaciones sustanciales en la hidrología superficial de la cuenca.

La cuenca fue objeto de recientes estudios hidrológicos, con fines de investigación, encarados por el Departamento de Hidráulica e Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (Rosario). Para la concreción de los mismos se contó con aforos de caudales registrados en el cruce del arroyo con la avenida de Circunvalación para dos períodos: años 1969-1971 y 1982-1984. Esto constituye una valiosa información para evaluar el comportamiento del sistema ante los cambios del uso del suelo.

De la observación directa de los registros de aforos pudo demostrarse una disminución marcada de los tiempos de concentración (tabla 1) que acompañó al proceso de desganaderización. El tiempo de concentración se relaciona con la rapidez con que llegan los aportes de lluvias, ubicados en las partes más alejadas de la cuenca y es objetivamente estimable con los datos disponibles.

**Tabla 1. Variación de los Tiempos de Concentración.**

<u>Período 1969-1971</u>		<u>Período 1982-1984</u>	
Tormenta	T.Concent.(hs)	Tormenta	T.Concent.(hs)
26/11/69	58	27/08/83	24
04/02/70	58	09/11/83	42
15/03/70	60	10/02/84	52
27/09/70	44	28/02/84	36
01/10/70	48	15/03/84	38
30/10/70	70		
27/12/70	76		
12/03/71	48		
Promedio	58	Promedio	42
Desvío	±11	Desvío	±7

La tabla 1 pone en evidencia una disminución de casi el 30% en los tiempos de llegada de los aportes más alejados.

El mayor laboreo de la tierra, con la consecuente formación del pie de arado, son factores que provocaron una mayor impermeabilidad de los suelos, disminuyendo los montos de infiltración. El cultivo en surcos a favor de la pendiente topográfica, la mayor parcelación y el consiguiente aumento de la densidad de caminos secundarios y rurales con sus respectivas cunetas son elementos que aceleraron el escurrimiento superficial provocando rápidos picos de caudales.

Otra de las observaciones realizadas sobre la información medida fue la capacidad de retener (o almacenar) porciones de la lluvia, ya sea en la cobertura vegetal, en ollas superficiales, como infiltración aportada a la humedad del perfil del suelo o percolación hacia las napas profundas de agua, evitando su escurrimiento. La tabla 2 muestra qué porcentaje de la lluvia fue retenido por la cuenca para tormentas de ambos períodos.

**Tabla 2. Variación de la Capacidad de Almacenamiento.**

<u>Período 1969-1971</u>		<u>Período 1982-1984</u>	
Tormenta	Capac.Alm.(%)	Tormenta	Capac.Alm.(%)
26/11/69	89	27/08/83	96
04/02/70	95	09/11/83	87
15/03/70	96	10/02/84	84
27/09/70	96	28/02/84	93
01/10/70	90	15/03/84	91
30/10/70	93		
27/12/70	92		
12/03/71	93		
13/05/71	99		
Promedio	93,7	Promedio	89,5

Desvío	±3	Desvío	±4
--------	----	--------	----

Si bien la capacidad de retención de la cuenca depende de las condiciones de humedecimiento precedentes a cada tormenta, y en éste sentido las cifras de la tabla 2 pueden resultar engañosas, el considerar un grupo de tormentas de diversas características para cada período y evaluando promedios, da un indicio acerca de las tendencias de comportamiento de la misma. Hecha la salvedad puede concluirse que la capacidad de almacenamiento de agua tiende a disminuir como consecuencia del proceso de impermeabilización mencionado precedentemente, y como lo que no se retiene escurre, se está comprobando que un aumento del porcentaje de escorrentía (6,3% previo y 10,5% posterior al proceso de desganaderización, respectivamente). A pesar de que los porcentajes de escorrentía se han modificado sustancialmente, indicando que los volúmenes que recoge el arroyo de las precipitaciones son actualmente mayores, la forma en que se distribuyen en el tiempo no ha variado marcadamente. Esto significa que la relación entre los caudales pico de las crecidas y los volúmenes totales que escurren, en términos medios, ha aumentado en un 13%.

La conjunción de estos factores antrópicos trajeron por consecuencia una alteración en la respuesta global del sistema, en la búsqueda de un nuevo equilibrio.

Las recientes deducciones se han realizado partiendo del análisis de la información aforimétrica extraída en forma directa, también pueden comprobarse algunas conclusiones adicionales, acerca del comportamiento del sistema, mediante metodologías indirectas. Como ejemplo válido se ha intentado pronosticar el número de curva (CN) del método del Servicio de Conservación de Suelos de EEUU. mediante ecuaciones que contemplan la intensidad máxima horaria de la tormenta (INTMAX) y un índice de precipitación antecedente (IPA). El CN es un parámetro que varía entre 0 y 100 y determina el porcentaje de escorrentía para una lluvia dada (la porción de la lluvia que escurre hacia la salida) y depende del tipo de suelo, cobertura vegetal y morfología de la cuenca junto con el grado de humedad previo a la tormenta analizada. En las ecuaciones utilizadas para las correlaciones la variable INTMAX representa a las características de la tormenta y el IPA a las condiciones de humedad precedentes (Zimmermann, et al , 1990).

Las ecuaciones que mejor representaban las características de la cuenca para ambos períodos fueron:

$$CN = 40 + IPA^{0.82} + \frac{153}{INTMAX}$$

para el período 1969-1971, y

$$CN = 36 + IPA^{0.69} + \frac{229}{INTMAX}$$

para el período 1982-1984

La estimación del porcentaje de escurrimiento para ambos períodos involucra ecuaciones con distintos coeficientes lo que pone en evidencia que el comportamiento del sistema se vio afectado con los cambios introducidos en el uso de la tierra.

En segundo lugar, que el exponente de la variable IPA sea menor en los años '80 indica una menor dependencia con las condiciones previas del sistema.

Luego, que el coeficiente de la variable INTMAX sea mayor en este período indica que el escurrimiento de la cuenca es, ahora, más sensible que antes a las características de la tormenta, evidenciando la impermeabilización.

Por último como puede comprobarse en las tablas 3, 4 y 5, para distintas duraciones, intensidades y estados previos de humedad, la ecuación ajustada para el período más reciente arroja mayores valores de escurrimiento para las tormentas más intensas y para las condiciones más húmedas de la cuenca, en comparación con la ecuación de ajuste de los años '70.

**Tabla 3. Porcentaje de lluvia que escurre - Duración: 1 hora**

Condición antecedente	Intensidad de la lluvia					
	Baja 10 mm/h		Media 25 mm/h		Alta 50 mm/h	
Baja 10 mm	0	0	0	0	0	5%
Media 50 mm	0	0	0	1%	3%	61%
Alta 100 mm	1%	0	2%	15%	6%	74%

Nota: los valores situados a la izquierda de cada cuadro representan los porcentajes de escurrimiento predichos con la ecuación ajustada para los años '70, los de la derecha con la ecuación ajustada para los años '80. Duración de la lluvia: 1 hora.

**Tabla 4. Porcentaje de lluvia que escurre - Duración: 2 horas**

Condición antecedente	Intensidad de la lluvia					
	Baja 10 mm/h		Media 25 mm/h		Alta 50 mm/h	
Baja 10 mm	0	0	1%	0	9%	22%
Media 50 mm	4%	0	9%	13%	20%	78%
Alta 100 mm	13%	0	16%	37%	25%	86%

**Tabla 5. Porcentaje de lluvia que escurre - Duración: 3 horas**

Condición antecedente	Intensidad de la lluvia					
	Baja 10 mm/h		Media 25 mm/h		Alta 50 mm/h	
Baja 10 mm	1%	0	8%	2%	20%	54%
Media 50 mm	12%	0	20%	25%	33%	84%
Alta 100 mm	25%	0	28%	50%	58%	90%

### Síntesis

Se ha comprobado una modificación en el comportamiento hidrológico de la cuenca del A° Ludueña en el transcurso de los años '70 y '80.

En el primero período (1969-1971), donde el uso predominante de la tierra se correspondía con una economía pastoril, la respuesta hidrológica de la cuenca es más amortiguada, hay una mayor infiltración, con coeficientes de escorrentía menores. Además, las condiciones precedentes de humedad influyen con mayor peso en las salidas del sistema real, en otras palabras, como si éste fuese más "memorioso", teniendo presente los eventos antecedentes para evaluar la respuesta.

En el segundo, las condiciones del uso del suelo han variado considerablemente, se produce una gran expansión agrícola en la década del '70 (predominantemente, soja), aumentando el laboreo del suelo, con una mayor densificación de las vías de comunicación rurales. Se alteran las condiciones de escurrimiento del sistema: hay una mayor impermeabilidad, con coeficientes de escurrimiento mayores que en el período 1969-1971. Como se mencionó anteriormente, el peso de la variable IPA (condición antecedente) es menor, lo que determina un sistema con menor memoria, y el de la variable intensidad máxima de la tormenta fue mayor. Entonces, la respuesta del prototipo depende más de las características de ésta última que de la condición de estado inicial, en comparación con el período anterior, lo que constituye una forma de comprobar el proceso de impermeabilización progresivo sufrido por la cuenca.

A pesar de esto, las características de la forma de los hidrogramas de crecida para uno y otro período no han variado perceptiblemente: las correlaciones entre caudales pico y volumen de escorrentía directa se conservan sin alteraciones (Zimmermann, et al, 1990).

### Afectaciones sociales y económicas

Un informe publicado por la Unidad Técnica de Inundaciones (Secr. Recursos Hídricos de la pcia de S.Fe), en el cual participaron profesionales de diversas disciplinas (ingenieros civiles y agrónomos,

arquitectos, un sociólogo, un edafólogo, un economista, un estadístico y un abogado) detalla un análisis de impacto en el ámbito de inundación del arroyo Saladillo (ocurrida en abril de 1986), límite entre las ciudades de Rosario y Villa Gdor. Galvez.

Allí se señalan como causas principales del proceso de inundación: "...la política generalizada que existe en toda la cuenca relacionada con la expulsión del agua a través de canalizaciones en las zonas rurales y urbanas de forma desordenada y, a veces ilícita, que aumentó el escurrimiento y el volumen de las aguas en el tramo inferior de la cuenca; ... la utilización de los suelos sin considerar sus aptitudes de uso, el tipo de laboreo al que fueron sometidos, junto a la reducción agrícola-ganadera operada en los últimos años, provocaron la reducción de la infiltración de las tierras rurales.....contribuyendo a la creciente erosión de los suelos;...las alcantarillas insuficientes en terraplenes ferroviarios y viales que funcionaron como diques contenedores;...la urbanización indiscriminada y la especulación sobre el suelo urbano que permitió la subdivisión de la tierra hasta la misma orilla del arroyo, ocupando su propio valle de inundación y aumentando los riesgos y daños frente a la catástrofe....", (UTI, 1988).

Esto corrobora lo predicho sobre la intervención antrópica en los procesos de inundaciones.

La población involucrada, es decir los que sufrieron indirectamente el hecho, se estimó en 600.000 personas que vieron dificultada su movilidad, asistencia laboral y escolar, etc. La población directamente afectada por el desborde del Saladillo se calculó en 21.000 personas, de las cuales el 83% son de V.G.Galvez y el 17% restante de Rosario, siendo 5.600 la cantidad de viviendas que fueron anegadas.

Las áreas afectadas, especialmente en Rosario, fueron las periféricas, de escasos recursos y gran vulnerabilidad ante catástrofes de esta naturaleza, no obstante en V.G.Galvez se vieron inundadas zonas densamente pobladas con importante infraestructura de servicios.

El estudio de los daños ocasionados por la inundación de 1986 se ha particionado en directos (medidos en forma tangible, p.ej.: daños en inmuebles y muebles) e indirectos (costos generados a causa de las inundaciones, p.ej.: cese de producción).

En el presente trabajo se han actualizado los daños (en millones de dólares) que fueran publicados en el informe citado y se detallan en la tabla adjunta:

#### COSTOS DIRECTOS (en dólares - 1991)

VIVIENDAS (particulares)	37.618.235.-
COMERCIO (particulares)	6.917.232.-
INDUSTRIA (particulares)	19.100.030.-
EDIFICIOS PUBLICOS (escuelas, municip.,etc)	1.595.492.-
INFRAESTRUCTURA PUBLICA (deterioro pavimento)	2.200.015.-
<b>T O T A L E S</b>	<b>67.431.004.-</b>

#### COSTOS INDIRECTOS (en dólares 1991)

DAÑO URBANO (1,5 * Costos Directos urbanos)	69.196.439.-
DAÑO INDUSTRIAL (1,2 * C.D. industriales)	22.920.036.-
DAÑO INFRAESTRUCTURAL (1 * C.D. infraest.)	2.200.015.-

**T O T A L E S** **94.316.490.-**

COSTOS TOTALES (en dólares 1991)

DIRECTOS	67.431.004.-
INDIRECTOS	94.316.490.-

**T O T A L E S** **161.747.494.-**

Cabe mencionar que las obras de corrección del arroyo Ludueña junto a la construcción de la presa de retención de crecidas proyectada requieren de aproximadamente de U\$S 25.000.000 (1991) para su construcción. Si bien las obras de protección proyectadas para el arroyo Saladillo son más costosas, el ejemplo sirve a nivel comparativo y puede deducirse que el beneficio económico de proteger contra inundaciones supera los costos que demandan las obras ó, en el peor de los casos, son del mismo orden.

La secuencia histórica de inundaciones registradas en el valle del arroyo Ludueña indica que se han producido catástrofes con frecuencias de 25 años, aunque se han producido inundaciones menores cada tres años, lo cual refuta lo anteriormente expresado.

### Conclusiones finales

El presente trabajo ofrece un breve panorama acerca de las consecuencias inmediatas, que en los procesos de inundación, tienen factores antrópicos como la ocupación de territorios en las márgenes de los cursos de agua y el uso irracional del suelo de la cuenca.

A manera de ejemplo se han mostrado las modificaciones en el comportamiento hídrico del arroyo Ludueña como consecuencia de la desganaderización encarada durante los años '70. Este proceso de degradación del recurso suelo es irreparable, lo que la naturaleza demora milenios en construir el hombre lo destruye rápidamente, ocasionando serias dificultades en ámbitos urbanos, como las consecuentes inundaciones.

Se debe encarar, en primer lugar, una política diferente de explotación de los recursos suelo y agua, introduciendo la variable ambiental en los análisis de producción. En este sentido resulta conveniente revertir el régimen de monocultivo y la consecuente dependencia con los agroquímicos, implementar las prácticas conservacionistas, lograr una eficiente incorporación del agua en el suelo.

En segundo término, para tener en cuenta las modificaciones de la calidad del medio ambiente que generen las acciones del hombre, deben encararse las evaluaciones de impacto ambiental, las cuales

constituyen una herramienta de uso común en los países desarrollados. Aquí hay que invertir para mejorar la información disponible y generar nuevos datos, elevando su calidad científica y empleando técnicas de manejo de incertidumbre.

Se debe resaltar la importancia de la modelación (matemática) de los sistemas reales, como herramienta imprescindible para poder cuantificar los cambios inducidos por acciones del hombre, sus efectos y la posible modificación de la calidad ambiental. Los estudios probabilísticos sobre los registros de caudales de períodos anteriores al actual no reflejan los cambios que se verifican en el uso del suelo (aumento del grado de urbanización, p.ej.) y la única manera de contemplarlos es a través de los modelos matemáticos. Por otra parte surge la necesidad de emplearlos como pronóstico de inundaciones (a tiempo real) para anticipar los desbordes y dar las alarmas para las respectivas evacuaciones.

### Agradecimientos

Al Ing. Hugo Orsolini, ex-Director del área hidráulica de la UTI, por la colaboración prestada y la información suministrada.

### Referencias

- Caamaño Nelli Gabriel, Zimmermann Erik / "Tipología de los sistemas hidrológicos superficiales" / XVI Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas / Bahía Blanca / 1990.
- CEPAL-FAO / "Perspectivas del consumo y la producción de fertilizantes en América Latina" / IV Conferencia Regional de la FAO para la América Latina y Conferencia Latinoamericana CEPAL/FAO de la Alimentación / Lima / 1976.
- Federovisky Sergio / "Con la tormenta en los tobillos" / Reportaje realizado a Elena Chiozza / Suplemento Verde / Página 12 / diciembre de 1990.
- Leal José / "Evaluaciones del Impacto Ambiental" / La Dimensión Ambiental en la Planificación del Desarrollo / CEPAL / Ed. Grupo Editor de América Latina / 1985.
- Ruscio Alfredo / "Hacia el desierto pampeano" / Reportaje realizado a Guillermo Gallo Mendoza (FAO) / Suplemento Verde / Página 12 / diciembre de 1990.
- Sunkel Osvaldo / "La Dimensión Ambiental en los Estilos de Desarrollo de América Latina" / E/CEPAL/G.1143. Santiago de Chile / 1981.
- UTI (Unidad Técnica de Inundaciones) / "Cuenca del arroyo Saladillo: Impacto de las inundaciones en el tramo inferior" / Publicación No. 3 / Secr. de Recursos Hídricos de la Pcia. de S.Fe / 1988.
- Zimmermann Erik, Caamaño Nelli Gabriel / "Estimación del coeficiente CN (SCS) a partir de información pluviográfica en la cuenca del arroyo Ludueña" / XIV Congreso Nacional del Agua / Córdoba / 1990.
- Zimmermann Erik, Caamaño Nelli Gabriel / "Modelos de simulación convencionales en un sistema hidrológico transicional" / XIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica / AIRH / Montevideo / Uruguay / 1990.
- Zucchini Hugo / "Los vicios de la tierra" / Reportaje realizado a Carlos Irurtía (INTA) / Suplemento Verde / Página 12 / diciembre de 1990.