

**XXIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
CARTAGENA DE INDIAS COLOMBIA, SEPTIEMBRE 2008**

**VULNERABILIDAD, CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN DE RIESGOS
EN ZONAS DEFENDIDAS, EL CASO DE SANTA FE, ARGENTINA.**

Ing. Carlos Paoli

Director del Centro Regional Litoral - Instituto Nacional del Agua

Cullen 6161 S3004IYC Santa Fe - Argentina

Profesor de Hidrología-Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas-UNL-Santa Fe - Argentina

cpaoli@ciudad.com.ar

RESUMEN:

La influencia del Cambio Climático según algunos autores o de la Variabilidad Climática según otros ha dado lugar a un incremento en la magnitud y frecuencia de tormentas intensas y crecidas severas que han puesto en evidencia la otra gran cuestión de las poblaciones asentadas a la vera de los ríos, la creciente vulnerabilidad de las mismas. La ciudad de Santa Fe se encuentra enclavada en la margen izquierda del río Salado en su desembocadura en el río Paraná y representa un estudio de caso típico de esta situación de la cual se pueden extraer lecciones hacia el futuro. La crecida del Río Salado de magnitud estimada de 500 años de recurrencia pasó a 100 años de recurrencia, variando el nivel de riesgo asumido de la amenaza, pero el impacto de la inundación se produce principalmente por una situación de vulnerabilidad física existente de siempre y una creciente vulnerabilidad construida y social. Por lo tanto estos son los aspectos centrales a encarar a futuro para lograr una mitigación de los daños.

ABSTRACT:

The influence of climatic changes –according some authors- or climatic variability –according to others- has produced an impact on the magnitude and frequency of intense storms and severe floods making evident other significant fact: the vulnerability of urban communities in low lying areas near water. SANTA FE city is located at the left margin of the SALADO river where it flows into PARANA river, representing a typical case of the mentioned situation which it will lead to future lessons. The flood of SALADO river with an estimate magnitude of 500-years recurrence interval goes down to 100-years recurrence interval changing the assumed risk for hazards, but the impact of floods is mainly due to an ancient physical vulnerability plus increased urbanization development. Being these the main aspects to face in order to mitigate damages.

PALABRAS CLAVES: inundaciones, vulnerabilidad, cambio climático

INTRODUCCIÓN

En el Taller Regional Iberoamericano sobre “La innovación científica y tecnológica para enfrentar los retos en materia de agua en la región iberoamericana” realizado en Jiutepec, Morelos, México entre el 15 al 18 de noviembre de 2005, en su disertación Michel Rosengaus M. planteaba en términos de disyuntiva la importancia de la Vulnerabilidad vs. Cambio Climático, ¿cual enfatizar en el manejo de riesgos?. En sus conclusiones y con relación al aumento del nivel de riesgo al que están sometidas las poblaciones ubicadas a la vera de los cursos de agua, hay una tendencia de la sociedad en su conjunto (incluidos los gobernantes) a sobrestimar la incidencia del cambio climático y por lo tanto a globalizar las medidas de mitigación y la responsabilidad de su implementación. Sin embargo y sin dejar de reconocer que ambas cuestiones están incidiendo, resulta claro que en la mayoría de los casos que se presenta en nuestros países, el incremento de la vulnerabilidad local es la preponderante en el creciente aumento de riesgo.

Se ha definido lo que se llamó “Gestión Integrada de Crecientes (Inundaciones)” como “proceso que promueve un enfoque integrado, y no fragmentado, en materia de gestión de crecientes. Integra el desarrollo de los recursos de suelos y aguas de una cuenca fluvial en el marco de la GIRH, y tiene como finalidad maximizar los beneficios netos de las planicies de inundación y reducir al mínimo las pérdidas de vidas causadas por las inundaciones.” (OMM-GWP, 2004)

Ante los crecientes impactos en pérdidas de todo tipo que se vienen registrando en el mundo entero ocasionados por inundaciones y tormentas extremas, este aspecto tomo relevancia en el IV Foro Mundial del Agua de marzo del 2006. Así fue que uno de los grandes capítulos discutidos fue el referido a Manejo de Riesgos, entendiéndose por tal a un proceso integrado de medidas para prevenir que un peligro o amenaza, se convierta en un desastre o una catástrofe. Consiste de acciones sistemáticas en un ciclo de preparación/prevención, respuesta/intervención y recuperación/reconstrucción.

El riesgo es parte de la vida diaria de los seres humanos y la lucha contra los eventos extremos como las inundaciones y las sequías es tan vieja como la humanidad: “Manejarse con incertidumbre y riesgo es parte de la condición humana. Es por ello que, mientras el riesgo sin el conocimiento es peligroso, el conocimiento sin el riesgo es inútil.”

Resulta claro que en nuestra sociedad se manifiesta un desajuste importante entre la comunidad técnica y científica y la sociedad y sus dirigentes, que impide que aún disponiendo de conocimientos y tecnologías actuales y potenciales, su utilización permita una eficiente prevención del riesgo y mitigación de sus efectos.

El análisis del caso de Santa Fe resulta de interés para mostrar a la comunidad técnica hasta que punto es necesario insistir en los conceptos de que es posible disminuir la vulnerabilidad a partir de acciones locales y que ello es mucho más importante en términos de eficiencia de disminución de daños, respecto a considerar como una fatalidad del cambio climático contra lo cual no se puede luchar.

CARACTERÍSTICAS HIDROLOGICAS GENERALES DE LA CUENCA DEL RÍO SALADO

La cuenca total del río Salado que tiene una superficie de 94.750 km², se compone de tres grandes áreas de actividad hídrica diferenciada. La cuenca *Alta o Superior*, de régimen nivo-pluvial recoge los aportes de las altas cumbres del borde oriental de la Puna a través de los ríos Arias y Guachipas, cuya confluencia - en Las Juntas - ha quedado sumergida bajo las aguas del embalse Cabra Corral. Desde aquí, el emisario toma el nombre de *Pasaje o Juramento*. Al entrar en territorio santiaguense

se lo conoce como *Salado* y atraviesa una zona semiárida de alta infiltración y escurrimiento impedido, constituyendo la Cuenca Media hasta su ingreso a la provincia de Santa Fe .

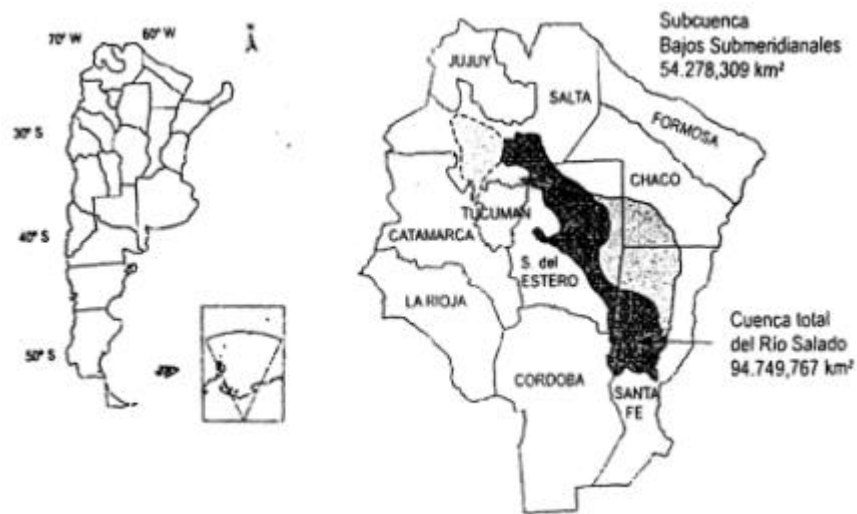


Figura 1.- Ubicación General de la Cuenca del Río Salado – República Argentina

Desde allí se considera como cuenca inferior, donde el río escurre en dirección Noroeste-sureste por un cauce con escasa capacidad de conducción hasta recibir los aportes del Río Calchaquí, el cual drena las aguas provenientes de los Bajos Submeridionales. A partir de este punto el cauce escurre en dirección Norte - Sur hasta su desembocadura en el Sistema Paraná entre las ciudades de Santa Fe y Santo Tomé.

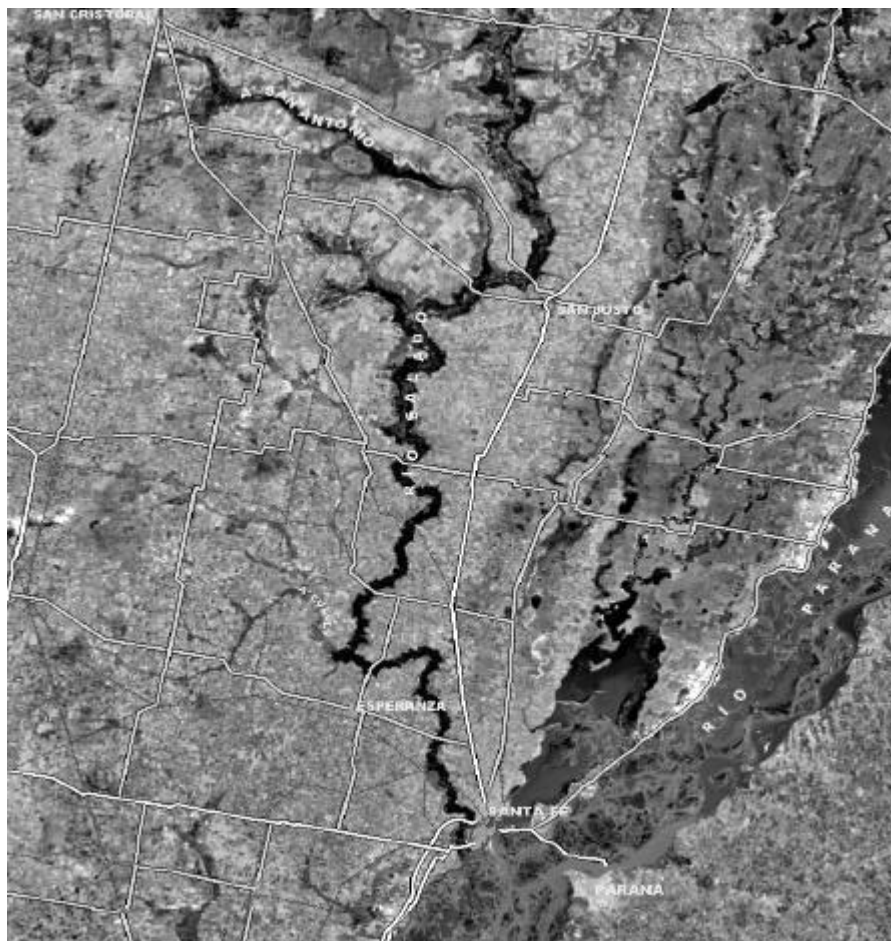


Figura 2.- Ubicación de Santa Fe en la desembocadura del río Salado en el río Paraná

El escurrimiento en la cuenca inferior se compone de los aportes provenientes de la cuenca media que son de baja significación, de los aportes del río Calchaquí proveniente de los Bajos Submeridionales y de los excesos de lluvia en las subcuencas de margen derecha que drenan unos 30.000 km².

La Cuenca Inferior pasó de un gradiente de las precipitaciones medias anuales en el sentido Este-Oeste, de 1100 mm a 800 mm para el período 1941/1970 aun gradiente de 1200 mm a 900 mm para el período 1971/2000, originando una transición desde un clima sub húmedo en las zonas oriental y central a semiárido en el límite occidental. Esta persistencia de condiciones húmedas que se manifiesta en toda la región, es debida al denominado “cambio climático”, caracterizado además por la aparición, cada vez con mayor frecuencia, de eventos lluviosos muy intensos y arealmente concentrados (Barros, V 2005).

Aún antes del año 2003, el caudal medio anual del río Salado en la Ruta Prov. N° 70 era de 133,7 m³/s para toda la serie disponible (1954-2002), pero aumentaba a 176,4 m³/s si se tomaba la serie 1971-2002). La distribución de los caudales mensuales mostraba que los máximos pueden ser entre 6 a 10 veces mayores que los promedios (Paoli, C. y otros 2003).

MODIFICACIÓN EN LA MAGNITUD Y FRECUENCIA DE LAS CRECIDAS DEL RÍO SALADO

Desde el punto de vista de las crecidas, la situación mas desfavorable se produce ante la superposición de una onda de crecida aportada por el Calchaquí y lluvias intensas en al zona de aportes próxima a desembocadura generando bruscos empuntamientos. Los caudales máximos anuales registrados a partir de 1954, muestran a partir de la década del 70 la aparición de picos muy importantes

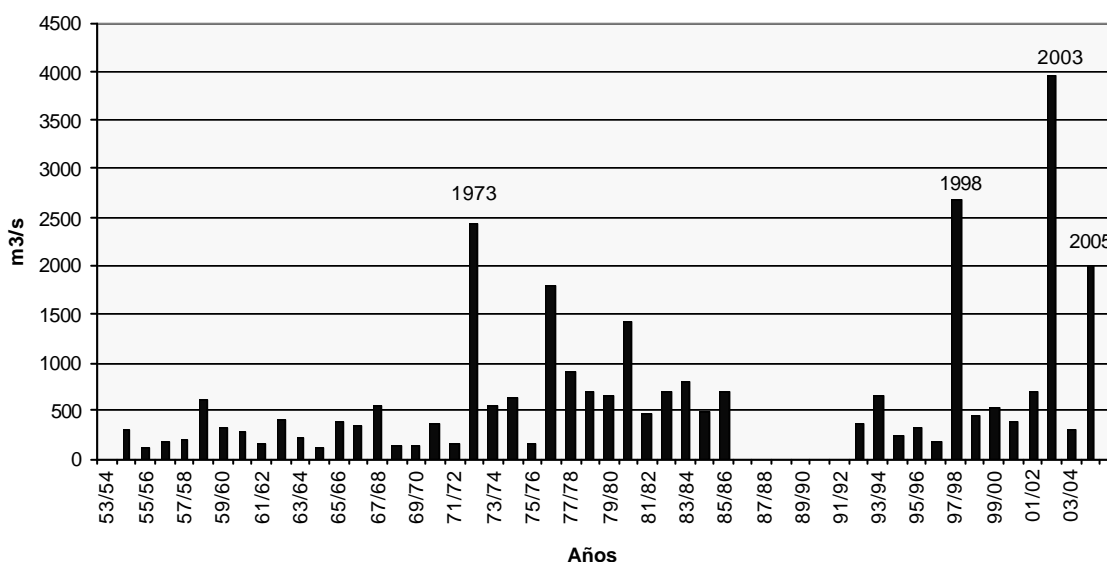


Figura 3.- Caudales máximos anuales del Río Salado en ruta 70

Antes de la crecida del 2003 las mayores registradas correspondían a 1973 con 2430 m³/s y a 1998 con 2672 m³/s. (Giacosa, 1998)

Durante el año 2003 la situación de aguas altas se manifiesta desde enero, produciéndose tres picos antecedentes que superaron los 1000 m³/s a mediados de enero, febrero y marzo. La crecida de abril del 2003 se originó por la ocurrencia de lluvias elevadas sobre su cuenca baja, ocurridas

principalmente entre los días 22 y 24 de abril del corriente año. Durante esos días, un sistema frontal caliente semiestacionario se ubicó en el centro del litoral argentino (zona norte de Entre Ríos, sur de Corrientes y centro de Santa Fe). Sobre este sistema frontal se formaron núcleos de nubes convectivas, que originaron lluvias de muy alta intensidad (Fuente: Servicio Meteorológico Nacional). (Paoli, C y otros, 2003)

Estas lluvias se produjeron sobre una cuenca baja del río Salado saturada, producto de precipitaciones ocurridas en los meses previos. Este estado de saturación antecedente originó que un importante porcentaje del agua precipitada se convierta en escurrimiento. El pico principal se presenta con un fuerte empuntamiento, pasando de 700 m³/s a 4000 m³/s en solo 7 días entre el 22-04-03 y el 29-04-03. La recesión es también bien marcada, por lo cual el caudal estuvo por encima de los 1000 m³/s solamente 30 días.

Del análisis de frecuencia de picos de crecidas máximas anuales efectuado para la serie 1971-1998, en oportunidad de los estudios realizados en ese momento, y los efectuados introduciendo en la serie la crecida 2003, o sea para la serie 1971-2003 (Paoli, C. y otros, 2003), se obtuvieron los siguientes valores, donde se indican los intervalos de confianza para un nivel del 90%:

Tabla 1.- Caudales maximizados

T (años)	Caudal (m ³ /s) Serie 1971-98	Caudal (m ³ /s) . Serie 1971-2003		
		Límite Inferior.	Valor Esperado	Límite Superior
500	4000	3698	5470	7227
250	3500	3170	4825	6139
100	3010	2771	4110	5316
50	2590	2470	3470	4493
10	1615	1438	2000	3672
5	1190	1028	1375	2589

Se observa que la crecida de 4000 m³/s que se produjo era previsible estadísticamente con una recurrencia de 500 años a la luz de los estudios que se disponían hasta ese momento, mientras que luego de producirla, al introducirla en la serie muestral, la previsibilidad estadística que tiene dicha crecida del es del orden de los 100 años.

La comparación de estos valores obtenidos muestra la importancia de mantener actualizados los estudios de análisis de frecuencia de extremos, los que deben ser revisados periódicamente y cada vez que se produce una crecida extraordinaria.

LA OCUPACIÓN URBANA Y LA VULNERABILIDAD PROPIA DE SANTA FE

La ciudad de Santa Fe se encuentra emplazada en el vértice de la confluencia de los ríos Paraná y Salado y por lo tanto las posibilidades de su desarrollo territorial está directamente condicionado por los valles de inundación de estos cursos de agua y por las fluctuaciones de sus crecidas.

Los puntos topográficos más altos de la ciudad se encuentran en cotas IGM 20 m, mientras que las máximas crecidas registradas de los ríos Paraná y Salado han estado en cotas IGM del orden de 16 a 17m., según las zonas y considerando las pendientes hidráulicas de los planos de inundación. Una gran superficie de ocupación urbana se encuentra por debajo de estas cotas de inundaciones máximas históricas y una superficie mayor aún por debajo de las cotas de inundación correspondientes a crecidas hipotéticas de mayor recurrencia.

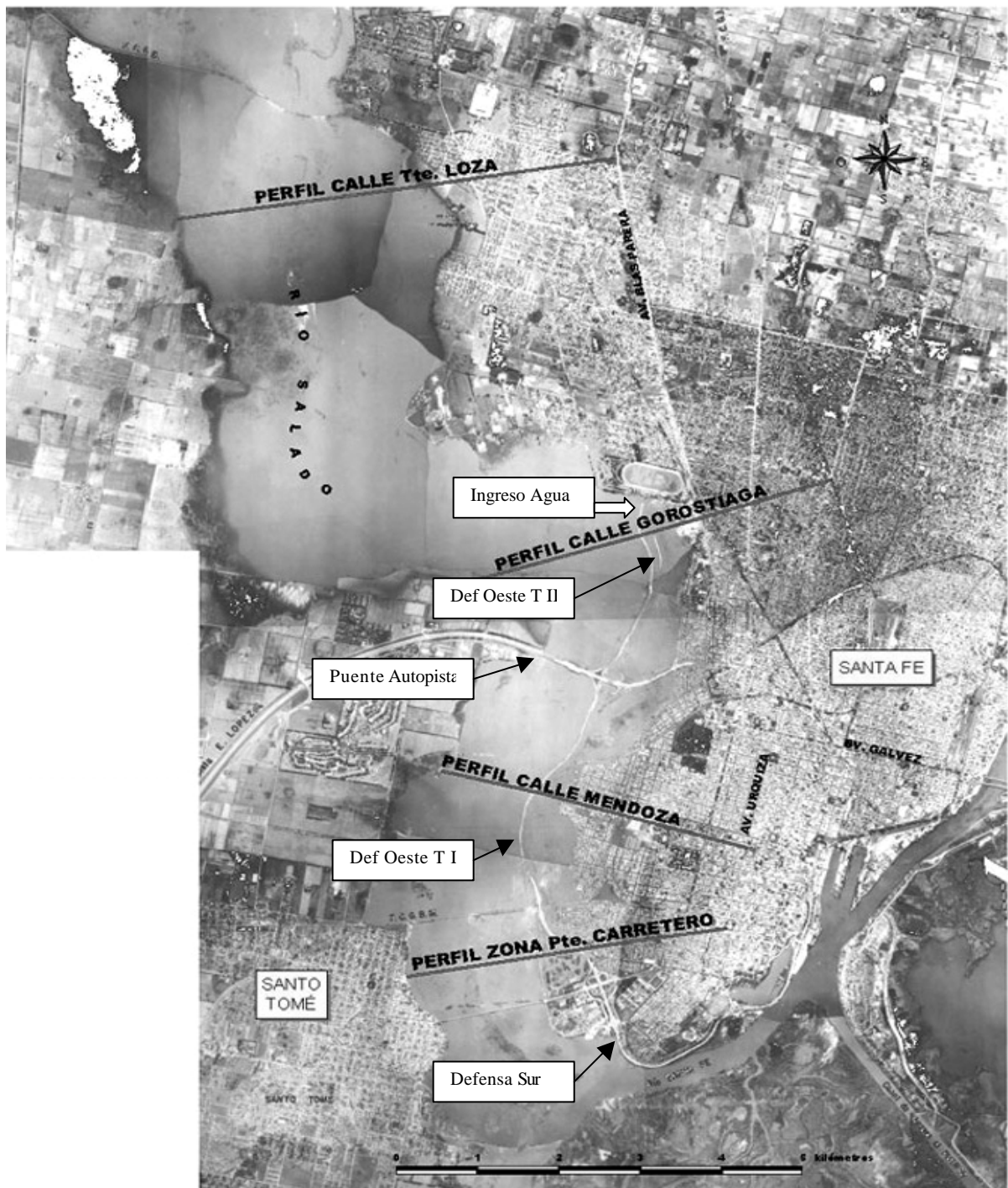


Figura 4.- Zona de desembocadura, obras viales y de defensa ocupando el valle de inundación

La progresiva expansión urbana fue ocupando los valles de inundación del río Paraná hacia el este y del río Salado hacia el oeste. La situación de baja pluviosidad posterior a los años 20 y la condición de río menor del Salado respecto al Paraná influyó para que la ocupación hacia el oeste fuera muy marcada.

En la figura siguiente se muestra la ubicación de la defensa en el medio del valle de inundación, en correspondencia con la zona urbana más céntrica, aguas abajo de la autopista. El nivel de agua fue mayor en el interior supuestamente defendido que en el propio cauce del río.

Perfil Transversal Esquemático a la Altura de Calle Mendoza

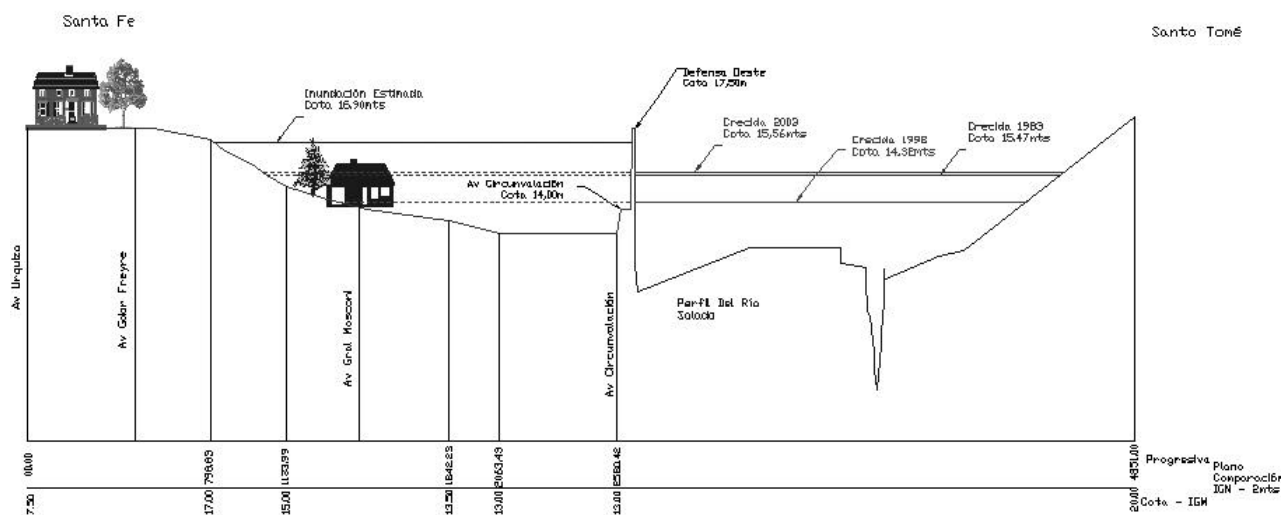


Figura 5.- Valle de inundación del río Salado, ocupado por expansión urbana

LA INCIDENCIA DE LAS OBRAS EXISTENTES EN LA ZONA

En el tramo final de 20 km longitud, donde no hay aportes laterales, el curso del río es atravesado por dos obras viales (Ruta Nac. No 11 y Autopista Santa Fe-Rosario), dos obras férreas (F.C.B.M y F.C.M.B) y se prevé una nueva conexión vial entre las ciudades de Santa Fe y Santo Tomé. Las obras fueron ejecutadas en distintos períodos de tiempo, por diferentes organismos, que dieron lugar a criterios de diseño muy disímiles con los que fueron materializadas dichas obras.

El ancho del valle de inundación del Río Salado en este tramo es de aproximadamente 1500 - 2000 metros y las luces de los puentes están comprendidas entre 1370 metros en el puente Carretero hasta 155 metros en el caso del puente Autopista. En ese último es evidente la contracción que introduce el terraplén de autopista, y que ya en 1973 ante una crecida extraordinaria del río Salado produjo la socavación y posterior colapso del tablero central, pero lamentablemente y pese a las recomendaciones de los estudios hidrológicos se volvió a construir de la misma forma.



Figura 6.- Vista aérea del río Salado en la autopista y defensa oeste

Las defensas de Santa Fe contra el río Salado comenzaron con la construcción del viejo terraplén Irigoyen desde el Puente de la RN11 hasta el FFCC Gral. Belgrano aguas abajo de la autopista, y luego continuó con la defensa paralela a la Avenida de Circunvalación llegando a fines de 1997 hasta sector del Hipódromo. Se realizó una aplicación del modelo hidrodinámico unidimensional ISIS Flow con el objetivo de representar matemáticamente el comportamiento del río Salado durante la crecida ocurrida en abril y mayo del corriente año y ver la incidencia de las obras.

A partir del ajuste de parámetros realizados en la calibración de la crecida del primer semestre del año 1998, se aplicó el modelo a la crecida ocurrida durante abril-mayo del 2003. El período de calibración/ verificación se realizó utilizando un período de 6 meses, enero - junio de 2003, donde se ha comparado los niveles máximos observados con los calculados en diferentes lugares del tramo mencionado. Se ha verificado un buen ajuste entre los caudales calculados con los caudales observados y entre los niveles calculados y observados.

En el gráfico siguiente se observa el perfil longitudinal correspondiente al caudal máximo registrado donde se ha volcado los niveles máximos observados.

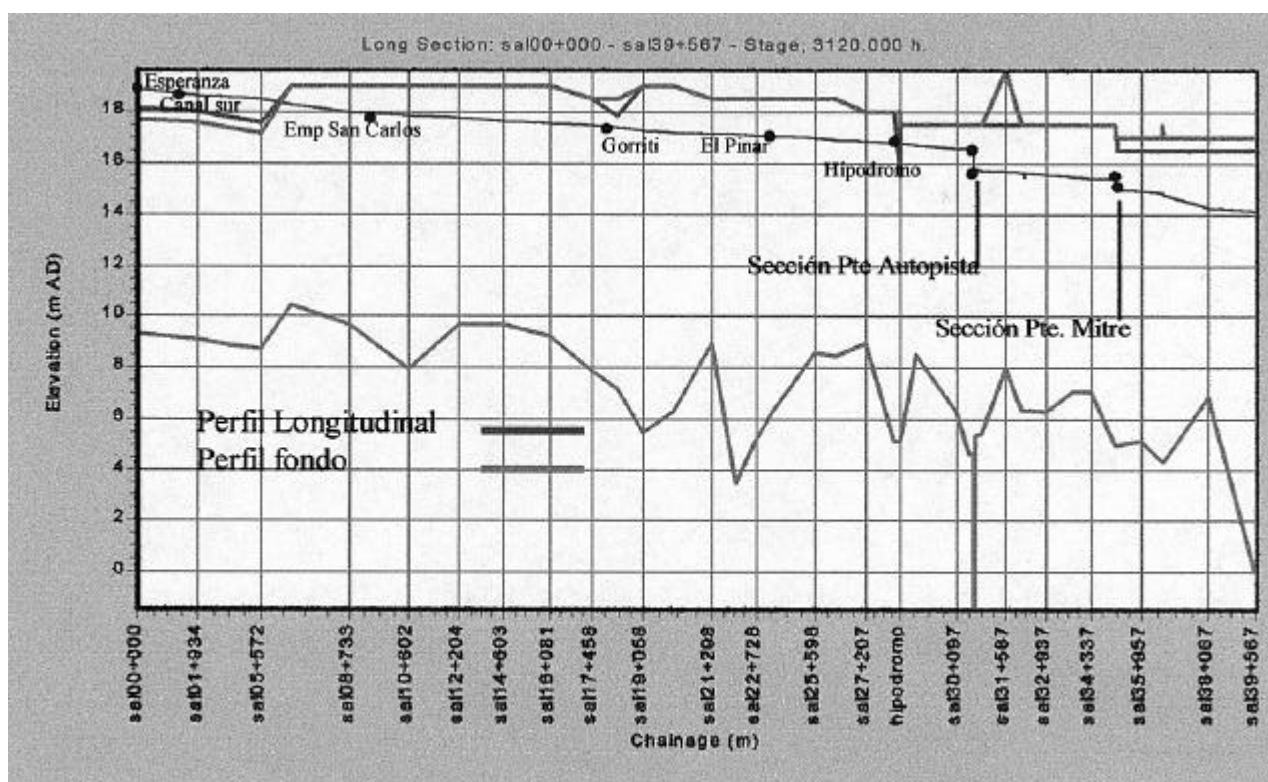


Figura 7.- Perfil longitudinal crecida 2003 del río Salado Tramo Rta. Prov. N° 70 – Pje. 4 Bocas

Se observa claramente el efecto de sobrelevación de las obras viales y ferroviarias y que el nivel de las aguas no sobrepasaron la cota de coronamiento de la defensa.

La incorrecta concepción de las obras de defensa

El tipo de defensa existente en el extremo oeste de la ciudad aumento (sin proponérselo, por supuesto) el riesgo y el impacto (aumentó la vulnerabilidad) en la zona supuestamente protegida, debido a que en la concepción y diseño de las obras primó el carácter de Obra Vial por encima del de Obra de Defensa contra inundaciones de la ciudad de Santa Fe. Ello es así por cuanto en una defensa ribereña que se desarrolla desde aguas abajo hacia aguas arriba, es imprescindible asegurar el cierre superior a una cota adecuada al nivel de protección pretendido.

La defensa existente (Tramos I y II) no fue superada por el nivel de las aguas, sino que estas ingresaron por el sector donde la defensa no estaba construida y el terreno natural era bajo. Una vez que el agua invadió la zona Oeste de la ciudad por su extremo Norte, se condujo hacia el Sur siguiendo la pendiente natural, encerrada por el terraplén de defensa por el Oeste y cotas de terreno más elevadas por el Este y favorecida por la Avenida de circunvalación que ofició de un verdadero canal de ingreso de las aguas en la ciudad.

El nivel del agua comenzó a subir hacia cotas superiores por un doble efecto: en una primera etapa, por el incremento de los niveles del Salado y sus correlativos mayores caudales de ingreso a la ciudad, y en segundo lugar por acumulación, ya que no tenía por donde salir por efecto de los terraplenes de cierre que conformaron un verdadero recinto estanco. Se llegó así a tener un desnivel de 2,5 m de agua dentro de la ciudad respecto al nivel de escurrimiento libre del río (ver Figura 5.-).

Debe aclararse que se encontraba en gestión la contratación y ejecución del tramo III que continuaba la defensa hacia el norte, pero mientras se conseguía su concreción se debió haber hecho un cierre provisorio hasta cotas de terreno natural compatible con la cota de coronamiento de la defensa existente. Se optó, mientras se esperaba la concreción del tramo III, por correr el riesgo de que no se produjera una crecida extraordinaria o que en caso de producirse, se podría efectuar en el momento un cierre transitorio para impedir el ingreso de las aguas, como se hizo en 1998. El problema es que no se evaluó correctamente el riesgo que se corría y las consecuencias que ello implicaba y tampoco se implementaron todas las medidas de prevención complementarias.

La crecida de abril del 2003 fue de carácter extraordinario y superior a todas las registradas hasta ese momento, pero estadísticamente previsible. En la figura 8 se observa claramente el sector por donde ingresó el agua a la zona urbana sin que se superara la cota de coronamiento de la defensa.



Figura 8.- Ingreso del agua por el extremo norte de la defensa que no fue superada

LA FALTA DE PREVISION Y DE PREPARACION

La Previsibilidad y la Prevención

Como sucede en la mayoría de los casos en que se producen catástrofes por inundaciones, la reacción inmediata pasa por calificar a las mismas de “impredecibles” e “imprevisibles”, como una forma de salvar responsabilidades por aquellas acciones y medidas que se pudieron haber tomado y

no se tomaron, por lo que reviste gran interés aclarar este aspecto.

Prever es “conocer con anticipación o conjeturar lo que ha de suceder”, mientras que prevenir es “preparar, disponer con anticipación las cosas para un fin”. Las inundaciones se pueden prever según los siguientes aspectos:

Donde: Las inundaciones tienen lugar en forma recurrente y con magnitudes diferentes en las mismas zonas, que son las denominadas zonas inundables. Es decir que si tiene una cartografía de áreas de riesgo, como en el caso de Santa Fe, se puede prever perfectamente bien donde se producirá el impacto de las inundaciones y en función de ello tomar las medidas correspondientes.

Como: De acuerdo a las características de la cuenca de aportes, su régimen de lluvias y escurrimiento, las características del cauce y de las historias de las crecidas antecedentes, se determinan a partir de los estudios hidrológicos el **como** se presentarán las crecidas. En el caso del río Salado este aspecto era perfectamente conocido, como surge de los numerosos antecedentes disponibles.

Cuando: Este aspecto está referido a la “previsibilidad” de la crecida, donde se demuestra que la crecida era previsible desde ciertos puntos de vista. Lo que resulta imprevisible temporalmente es el momento y la magnitud que va a asumir una lluvia determinada y es justamente por ello que deben tomarse medidas de prevención que permitan enfrentar este tipo de situaciones.

El sofisma de la imprevisibilidad de las inundaciones

Al respecto resulta de interés transcribir parte de un Informe realizado por el Dr. Francisco J. Ayala-Carcedo del Instituto Geológico y Minero de España, denominado “El sofisma de la imprevisibilidad de las inundaciones y la responsabilidad social de los expertos. Un análisis del caso español y sus alternativas”

.....Según el diccionario, sofisma es la “argumentación solo verdadera en apariencia”. Cuando tras las catástrofes se argumenta que la lluvia fue imprevisible, y, en consecuencia, se dice que la inundación fue imprevisible, se está diciendo una verdad respecto a la lluvia (solo en el caso de cuencas pequeñas, y parcialmente, ya que en Biescas, el Instituto Nacional de Meteorología avisó previamente de fuertes precipitaciones convectivas en la zona, vid. Riosalido coord., 1998), pero una mentira respecto a la inundación, ya que por lo expuesto, toda inundación es plenamente previsible en cuanto al donde y al como. Se está proporcionando así, conscientemente cuando lo hacen expertos, una apariencia de verdad a una afirmación que es mentira. Por tanto, decir que una inundación fue imprevisible es un sofisma. Solo puede decirse, y parcialmente, que fue imprevisible la lluvia. La argumentación es aún más falaz si lo que se pretende con ella es justificar la ausencia de medidas de prevención que hubieran evitado la catástrofe, ya que como vimos, estas son factibles siempre. La utilización de esta argumentación falaz por parte de expertos, confunde objetivamente a la opinión pública y al Poder Judicial y puede proporcionar coartadas a los presuntos responsables, y, en cualquier caso, es sospechosa de incompetencia profesional. Por estas razones, los expertos, reales o supuestos, deberían abstenerse de volver a calificar de imprevisibles las inundaciones.....

El pronóstico y el Alerta temprano

El Sistema de Alerta de Cuenca del Plata que opera actualmente el INA, efectúa el pronóstico cuantitativo para los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, pero no así para los afluentes, por no estar implementadas sus cuencas con dicha finalidad. Por tal razón no se disponía en el Río Salado un Sistema de Alerta de crecidas, ni aun en su forma más elemental o primaria que hubiera permitido

estimar con anticipación la magnitud del pico de crecida esperado en Santa Fe con una anticipación de entre 3 a 5 días.

En relación a la “previsibilidad” de condiciones propicias para que se presenten situaciones de crecidas extremas, que se refieren principalmente a dos cuestiones básicas: una es la evolución del grado de humedad y anegamiento que presenta la cuenca de aportes y la otra es la posibilidad de previsión de que se produzcan lluvias importantes, los Informes y Reportes que producía el Sistema de Alerta Hidrológico de Cuenca del Plata del INA, advertían sobre estas condiciones propicias.

Asimismo y a partir de las lluvias intensas que se producían en las áreas de aporte, existieron múltiples avisos difundidos por los medios de comunicación, sobre la importancia de la crecida en gestación y sobre el avance de su onda sobre la ciudad de Santa Fe, según los hechos e impactos aguas arriba (intransitabilidad de las rutas por anegamientos, cortes y colapso de puentes, declaraciones de emergencia agropecuaria en Distritos con asiento en la cuenca del río Salado, inundación de viviendas), muchos de ellos originados con la participación de reparticiones del Gobierno de la Provincia (Dirección Provincial de Vialidad, Comité de Emergencia Provincial, Dirección de Obras Hidráulicas, Defensa Civil, etc.). A partir de lo cual podía tenerse una idea de los tiempos de traslado del pico de la crecida, y de los tiempos disponibles para actuar en la emergencia

La falta de preparación para la Emergencia

La no disponibilidad de un Sistema de Alerta para el caso del Río Salado impidió conocer con anticipación la magnitud, caudal y nivel máximo que alcanzaría la crecida a la altura de Santa Fe, de haber dispuesto del Sistema de Alerta, estos valores se hubieran conocido estimativamente con unos 3 a 5 días de anticipación. No obstante el alerta temprano sobre condiciones propicias para que se generaran crecidas de importancia y luego de producidas las lluvias críticas, la información a tiempo real que se recibía sobre las situaciones que se producían aguas arriba, constituyrn elementos suficiente para implementar medidas de prevención.

Sin embargo, no se manejaba adecuadamente la documentación existente desde 1992 referente a la delimitación de áreas de riesgo hídrico (INCYTH, 1992), que incluían a gran parte de la zona afectada y por lo tanto no se realizo o fue insuficiente el necesario proceso de sensibilización, educación y preparación de la población destinado a evitar la ocupación de zonas de riesgo hídrico, preservar los componentes físicos del sistema de protección contra inundaciones y acatar las normativas existentes.

No se contaba con un Plan de Contingencia (las acciones a tomar no estaban previamente pensadas y planificadas), que posibilitara la organización de las acciones, personas, servicios y recursos disponibles para la atención de los diferentes tipos de desastres identificados, con base en la evaluación de riesgos, la disponibilidad de recursos materiales y humanos identificados, preparación de la comunidad, capacidad de respuesta local e internacional, etc.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En relación a la Amenaza:

La incidencia de la variabilidad o cambio climático, aparece como importante, ya que el pico máximo registrado de 4000 m³/s, superó todos los antecedentes medidos, que eran de algo más de 2600 m³/s en 1973 y 1998, por lo que la crecida pude considerarse como extraordinaria. Con los estudios de análisis de frecuencia disponibles antes de la crecida (estudio 1998), era estimada como de un recurrencia de 500 años, mientras que al introducirla en la serie muestral y actualizar el

análisis de frecuencia, le corresponde una recurrencia de 100 años.

Sin embargo, existía un conocimiento de la Cuenca del río Salado y de su régimen de crecidas, basado en numerosos estudios realizados por el INA, suficientes para haber previsto la peligrosidad que acechaban a la ciudad de Santa Fe.

La crecida del río Salado del otoño del 2003, comenzó a gestarse en la primavera de 2002 y tuvo un crecimiento con las lluvias de diciembre de 2002 que fueron lentamente saturando la cuenca baja lo que era informado por el INA en sus informes mensuales de situación y de escenarios de riesgo.

En relación a la vulnerabilidad de Santa Fe:

Alta **vulnerabilidad natural** debido a su ubicación geográfica entre dos grandes ríos no regulados, con amplios valles de inundación que han sido ocupados por la expansión urbana y topografía local plana con deficiencias para el escurrimiento de los excesos pluviales y con zonas bajas cercanas a los ríos con napa freática cercana a la superficie.

Alta **vulnerabilidad construida** por la falta de un Plan Urbano y de ordenamiento territorial que tenga en cuenta los factores anteriores y el desarrollo de obras de infraestructuras viales y de defensas no totalmente compatibilizados y no acordes a los escenarios hídricos cada vez mas extremos que se presentan y la falta de un adecuado plan de operación y mantenimiento de las mismas. El factor crítico resultó una obra de defensa incorrectamente planteada e inconcebiblemente abierta en su extremo, lo que dio lugar a un daño mucho mayor aún del que se hubiera producido sin ninguna defensa

Alta **vulnerabilidad social**, ante la falta de conciencia de que una zona protegida sigue siendo una zona de riesgo y como consecuencia la falta de medidas no estructurales que complementen a las obras, como la no disposición de un sistema de alerta de crecidas del río Salado y consecuentemente la ausencia de un Plan de Contingencias explícito.

Esta situación dio lugar a que con la inundación de año 2003 se vieran afectadas en forma directa 120.000 personas que tuvieron que ser evacuadas, 35 muertos (directos y laterales) y daños directos estimados en 1000 millones de dolares (CEPAL, 2003).

Acerca de las acciones recomendadas y en procesos de implementación:

Se han efectuado estudios y otros se encuentran en desarrollo referentes al impacto que sobre el régimen de crecidas tienen los cambios que progresivamente se producen en la cuenca, tanto por el tipo de cobertura como de cultura de la tierra y por las modificaciones en la dinámica hídrica.

Resulta imperioso a futuro la revisión de los parámetros de diseño de todas las obras existentes y proyectadas a fin de conocer el nivel de riesgo al que se encuentran sujetas a la luz de los nuevos escenarios hídricos inducidos por el cambio climático y las modificaciones en la cuenca.

Resulta de gran utilidad seguir con los sistemas de Alerta Temprana en base a los pronósticos meteorológicos de corto, mediano y largo plazo y en base al monitoreo del estado y evolución de la humedad y dinámica hídrica de la cuenca a través de imágenes satelitales

Se ha implementado y se encuentra en etapa de operación inicial un sistema de alerta hidrológico a tiempo real para la cuenca del río Salado.

Como otras de las medidas no estructurales imprescindibles, se ha actualizado y complementado la cartografía de áreas de riesgo por inundación.

En relación a las dos acciones anteriores, se encuentran en formulación los planes de contingencias para zonas rurales y urbanas que permitan el manejo de las emergencias.

Es necesario cambiar una “cultura de reacción” ante las inundaciones por una “cultura de prevención”, basada en la educación y participación de la población.

Los planes y propuestas que se presentan e implementan están siendo concebidos en la nueva orientación para el tratamiento de las Inundaciones, que es la Gestión del Riesgo.

REFERENCIAS

- Ayala-Carcedo F.** (2002) El Sofisma de la Imprevisibilidad de las Inundaciones y la Responsabilidad Social de los Expertos. Un Análisis del Caso Español y sus Alternativas. Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Ciencia y Tecnología
- Barros, V., Clarke R. y Silva Días, P.** (2006). El Cambio Climático en la Cuenca del Plata. Publicado por el CONICET, ISBN 950-692-066-4, Bs. As. Argentina.
- CEPAL** (2003) Evolución del impacto de las inundaciones y el desbordamiento del Río Salado en la Provincia de Santa Fe, República de Argentina en 2003; LC/BUE/L.185; Buenos Aires.
- Collins J. y otros** (2006) Actualización del Estudio de Áreas de Riesgo Hídrico en Santa Fe. Informe Final, Convenio CFI-INA.
- Giacosa R. y otros** (1998) Redimensionamiento hidráulico puente sobre el río Salado en autopista Santa Fe-Rosario. Convenio INA CRL-AUFE.S.A.
- Giacosa R. y otros** (2007) Influencia de los cambios físicos y climáticos en el régimen de escurrimiento del río Salado-Tramo Inferior. Informe Final Trabajo realizado por UNL-INA-INTA a solicitud del Ministerio Asuntos Hídricos prov Santa Fe.
- OMM – GWP** (2004) Gestión integrada de Crecientes – Documento Conceptual. APFM Documento Técnico N° 1, segunda edición.
- Paoli C. y otros** (1992) Delimitación de áreas de riesgo hídrico en Santa Fe. Convenio CFI-INCYTH. Informe Final. Tomo II . Sistema Salado.
- Paoli C., Goniadzki, D.y otros** (2004) La cuenca del Río Salado y la crecida de abril de 2003. Publicación del INA ISBN N° 987-20109-3-5
- IV Foro Mundial del Agua**, (2006) Manejo de Riesgos – Acciones locales para un reto global. Documento Temático. Eje temático 5. Ciudad de México.