

APLICACION DE UN MODELO HIDRODINAMICO EN EL CURSO INFERIOR DEL RIO SALADO (SANTA FE, ARGENTINA)

Ana María T. Alvarez¹, Alfredo Trento¹ y Maximiliano Strasser¹

Resumen - La cuenca inferior del río Salado se encuentra en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe (Argentina), en una zona densamente poblada. Posee un importante desarrollo económico, destacándose los aportes provenientes de las industrias lácteas, entre las más relevantes. La descarga sistemática de efluentes urbanos y rurales desde hace décadas, sin tratamiento sanitario previo en la inmensa mayoría de los casos, ha originado una severa polución en la calidad de las aguas superficiales. Como primera etapa de un estudio hidroambiental, se presentan los resultados de la simulación numérica del escurrimiento en los cursos de la cuenca mediante un modelo hidrodinámico unidimensional. Se calcularon niveles y velocidades medias. El modelo se calibró de acuerdo a mediciones con resultados muy satisfactorios. Se consideró la resistencia al escurrimiento originada por la alta sinuosidad del cauce y la variación de profundidades por tramos.

Abstract - The lower basin of the Salado river is in the middle-west of the Santa Fe state (Argentina), in an area densely populated. It possesses an important economic development, being the dairy industries the most relevant. The systematic discharge of urban and rural effluents for decades, without previous sanitary treatment in the immense majority of the cases, has originated a severe pollution in the quality of the surface waters. As the first stage of an hydro-environmental study, the results of the numeric simulation of the water flow in the basin streams by one-dimensional hydrodynamic model are presented. Levels and velocities were computed. The model was calibrated according to measurements with very satisfactory results. It was considered the flow resistance originated by the high bed sinuosity and the depth variation by sections.

Palabras Claves - hidrodinámica, simulación unidireccional, río Salado.

¹ Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas Univ.Nac. del Litoral
CC 217 (3000) - Santa Fe - Argentina - Fax: 54 - 342 - 4 575 224 e-mail: talva@fich1.unl.edu.ar

INTRODUCCION

El río Salado, también llamado Pasaje o Juramento, tiene sus nacientes en las provincias de Salta y Catamarca (Argentina) y discurre a lo largo de 1500 km hasta las cercanías de la ciudad de Santo Tomé (provincia de Santa Fe), lugar en donde sus aguas junto con las del río Santa Fe, dan origen al río Coronda. El área en estudio pertenece a la cuenca inferior del río Salado, de 3860 km² (Figura 1) y está emplazada en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe. Cuenta con una población urbana y rural de aproximadamente 675.000 habitantes (IPEC, 1991) distribuída principalmente en las ciudades de Santa Fe, Rafaela, Santo Tomé y Esperanza, además de poblaciones menores.

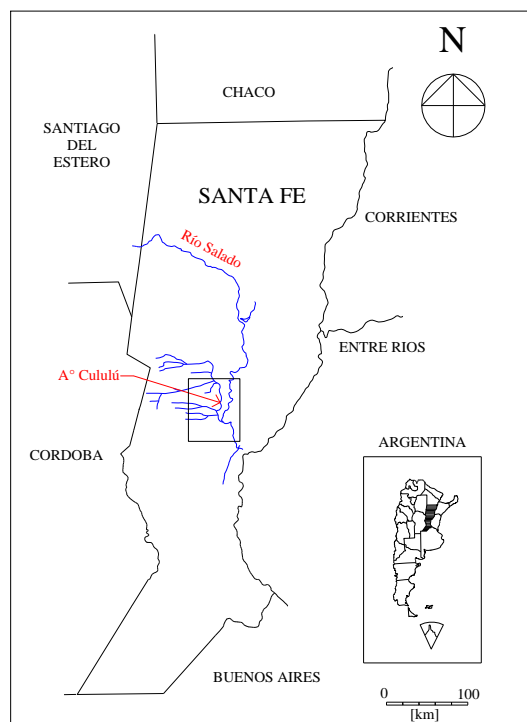


Figura 1 - Mapa de la ubicación geográfica de la Cuenca Inferior del río Salado

Es la principal cuenca lechera del país donde se asientan numerosos tambos y establecimientos industriales dedicados a la producción láctea, que procesan un volumen medio diario de 6.300.000 litros de leche fresca y producen el 34 % del total nacional (Nuestro Agro, 1998, 1999). La excelencia de los recursos naturales de la región para la producción de leche, carnes y granos ha permitido, en los últimos años, un gran crecimiento en sus actividades agropecuarias, impulsado por inversiones de 350 millones de dólares en tecnología de avanzada (Agro Tec, 1997), cifras que llegarán a los 700 millones en el próximo trienio (Nuestro Agro, 1998). En el ámbito terciario se destaca el crecimiento de empresas metalúrgicas, mecánicas, frigoríficas y de la industria del cuero. Este sostenido crecimiento económico y poblacional no fue acompañado por un programa de preservación integral del medio ambiente. De tal modo, los cursos de agua de la región fueron empleados como receptores de efluentes y descargas de distinta índole, como por ejemplo cloacales, industriales (curtidurías, lácteas, frigoríficos, etc.), desechos de tambos y criaderos de cerdos, materia orgánica e inorgánica proveniente del lavado de suelos. Esas descargas se han efectuado en la mayoría de los casos con escaso o nulo tratamiento sanitario. Una de las consecuencias de ese proceso, quizás la más grave, ha sido la disminución en la calidad de las aguas superficiales de los cursos, llegando en algunos, como Las Prusianas y la Cañada Felicia, a verse severamente afectada la biodiversidad de los mismos. Consecuentemente, las actividades de recreación y pesca se han reducido drásticamente. Si bien en los últimos cinco años organismos públicos y privados han comenzado a tomar medidas para atenuar la grave situación ambiental, se puede afirmar sin riesgo a equivocarse, que en lo sustancial casi nada ha cambiado.

Se muestran los resultados de la aplicación de un modelo hidrodinámico unidimensional, elaborado por Reis (1998), a un tramo del curso inferior del río Salado y del arroyo Cululú, de 148 km de longitud en total. En este breve trabajo se simula el escurrimiento gradualmente variado estacionario, para una situación de aguas bajas. El objetivo es lograr una herramienta computacional capaz de representar las distribuciones longitudinales de velocidades y profundidades. Particular énfasis se ha dado a la parametrización de la resistencia al escurrimiento mediante la calibración con los coeficientes de rugosidad n de Manning. Los resultados de la hidrodinámica calculada, serán utilizados para posteriores estudios de calidad de aguas, para lo cual se implementarán modelos unidireccionales de transporte de poluentes.

DESCRIPCION DEL TRAMO EN ESTUDIO

La cuenca inferior del río Salado comprende las subcuencas de los arroyos Cululú y Las Prusianas. Estas reciben el aporte de numerosos arroyos, cañadas y pequeños cursos de agua naturales y artificiales. Las trazas de estos últimos no siempre respetan las líneas de escurrimientos naturales, por lo que no funcionan como colectores eficientes de las aguas superficiales. Dentro del área en estudio se consideraron relevantes 190 km del río Salado, 53 km del A° Cululú, 40 km del A° Las Prusianas y 36 km de la cañada Felicia, estos dos últimos medidos desde la ciudad de Rafaela (Figura 2).

Muchos autores, en los últimos 30 años, han estudiado diferentes aspectos relacionados con las características generales de la cuenca del Río Salado. Así, Gollán y Lachaga (1939) sugirieron que el río Salado debe su nombre a las elevadas concentraciones de sólidos disueltos totales, originados posiblemente por aportes de aguas subterráneas salinas o lavado de suelos salinos. Efectivamente, en períodos de aguas medias se han registrado valores de 12000 mS/cm (Dipos Residual, 1996). Aún en aguas altas, situación como la registrada en marzo de 1998, se midieron valores promedios de conductividades de entre 850 mS/cm, equivalente a aproximadamente 650 mg/l de sólidos disueltos totales (Gabioux et al., 1999). Otras características son, la alternancia de sequías e inundaciones y la baja permeabilidad de los suelos que trae aparejado la salinización de los mismos (Benavidez et al., 1986). Maglianesi y Depetris (1970) describieron las características químicas del tramo inferior del río Salado. Por otro lado, Emiliani (1980) y Emiliani y Gonzales de Paira (1996), estudiaron la problemática de la contaminación bacteriana del río Salado en las proximidades de las ciudades de Santa Fe y Santo Tomé. Trento (1998) implementó dos modelos de transporte de contaminantes, QUAL2E y propio, en el tramo Emilia-Recreo del río Salado, un tramo del arroyo Cululú y otro del canal 1° de Mayo.

Rey (1985) realizó mediciones hidráulicas y ambientales en las inmediaciones de la ciudad de Esperanza tendientes a realizar un análisis preliminar de la contaminación de los cursos de agua de la cuenca inferior del río Salado. Este es el primer antecedente que interrelaciona la situación hidroambiental en su contexto y propone medidas de mitigación. Soldano (1947) describió la fisiografía del río Salado desde sus nacientes hasta la desembocadura. También hace referencia al régimen hidrológico del mismo, a la pendiente longitudinal media por tramos y a las avulsiones que se registraron a partir de 1760. Iriondo (1981) confeccionó el mapa geomorfológico de la cuenca del Salado en Santa Fe, identificó las unidades geológicas superficiales y consideró de carácter estructural las características geomorfológicas de la cuenca. También reconoció áreas de eflorescencias salinas, probable origen de la mayor parte de las sales disueltas en los colectores y en el río Salado.



Figura 2 - Imagen satelital de la cuenca inferior de río Salado

El área en estudio, dentro de la cuenca del río Salado, se caracteriza por poseer un amplio valle de inundación con albardones, meandros abandonados y un cauce tortuoso desarrollado predominantemente sobre sedimentos arcilloso-arenosos. Presenta elevada sinuosidad, con un valor medio de 1,96, aunque en algunos tramos ha alcanzado valores extremos de 2,30. Con estos resultados y de acuerdo a Schumm (1987) y Rice (1983), se clasificó al curso del río Salado como cauce meandriforme, que el tramo en estudio adopta una clara dirección N-S.

El río Salado desemboca en un sistema que forma parte de la amplia llanura aluvial del río Paraná. En la misma existen numerosos bañados, cursos de agua interconectados e islas que afectan notablemente el escurrimiento superficial. El caudal que transporta está conformado, mayormente, por aportes del centro y norte de la provincia de Santa Fe (Soldano, 1947). Los aportes más significativos que recibe de la región central provienen de la subcuenca del arroyo Cululú, y de la región norte del río Calchaquí. El caudal medio anual del río Salado es de 140 m³/s (Evarsa, 1994), si bien

presenta un amplio rango de variación. El caudal mínimo registrado fue de 7 m³/s (enero de 1995) y el máximo de 2690 m³/s (junio de 1973).

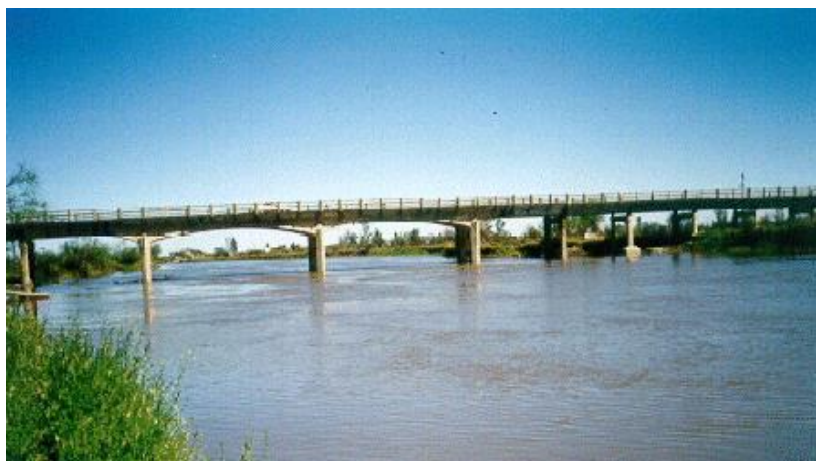


Figura 3 - Fotografía de la sección transversal del río Salado (progresiva 52,0 km).

Vista desde aguas abajo.

En las cercanías de la ciudad de Esperanza el río Salado recibe aportes poluentes de distintos establecimientos (Figuras 3 y 4). Estos caudales, únicamente significativos en épocas de estiaje, provienen de:

- un canal pluvio-industrial (Canal 1° de Mayo) que transporta los excedentes hídricos de la ciudad y las descargas de un matadero, de camiones atmosféricos y de una fábrica de almidón.
- una planta de tratamiento de efluentes industriales.
- el conducto cloacal de la ciudad de Esperanza.

En el arroyo Cululú si bien no se dispone de series anuales de medición de alturas hidrométricas y/o caudales, se han aforado eventos extremos de hasta 350 m³/s, aunque el valor medio de caudal es de aproximadamente 3 m³/s (Dipos Residual, 1996). Su cuenca de aporte está constituida, principalmente por el arroyo Las Prusianas y sectores bajos (cañadas típicas del centro santafesino), (Figura 2). Estos últimos tienen regimen temporario o intermitente, conduciendo agua solamente en los períodos lluviosos del año o después de tormentas importantes. La hidrodinámica del arroyo Las Prusianas, mayor tributario del A° Cululú, se caracteriza por presentar bajas velocidades y caudales

(0,3 m³/s), que se incrementan notablemente luego de precipitaciones pluviales. Este arroyo, que también recibe las aguas de la cañada Felicia, conduce una elevada carga de poluentes y materia orgánica provenientes de curtidurías, frigoríficos, lácteas, tambos y criaderos de cerdos; además de desechos cloacales y urbanos. En épocas de estiaje estas descargas cobran mayor importancia, ya que prácticamente representan el total del caudal transportado.



Figura 4 - Fotografía de la descarga al río Salado de lodos contaminados aportados por el Canal 1° de Mayo (Progresiva 52,5 km). Vista desde aguas abajo.

DESCRIPCION DEL MODELO HIDRODINAMICO

El modelo matemático está descrito por dos ecuaciones en derivadas parciales de tipo hiperbólicas, una de continuidad y otra de cantidad de movimiento

$$\frac{\partial(B + md)d}{\partial t} + \frac{\partial[u(B + md)d]}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \beta u = 0 \quad (2)$$

$$\beta = \frac{g|u|}{c^2 d} \quad (3)$$

donde B representa la base de fondo de las secciones transversales consideradas trapeziales [L], m el talud lateral, d la profundidad del escurrimiento [L], u representa la velocidad media en la sección [LT^{-1}], z es el nivel en cota del escurrimiento [L], $A=[(B+md)d]$ es el área de la sección transversal trapezoidal [L^2], g es la aceleración de la gravedad [LT^{-2}], c es el coeficiente de Chezy, t es el tiempo [T], y x es la coordenada espacial [L], considerada positiva en la dirección del escurrimiento.

El modelo numérico simula el escurrimiento en una red de canales, utilizando el método de factoreamiento implícito para la discretización temporal en conjunto con el método de sustituciones sucesivas y el método de elementos móviles para la discretización espacial. Con el método de factoreamiento implícito los errores asociados son del orden $O(\Delta t^2)$ en conjunto con el método de sustituciones sucesivas, realizándose un desacoplamiento en el cálculo de las variables (Reis, 1998). Este esquema consiste en explicitar la velocidad en un tiempo $(t+\Delta t)$ en la ecuación de cantidad de movimiento, para escribirla en función de una profundidad de agua (y^+). La determinación de (y^+) se hace por medio de la ecuación de continuidad cuya discretización deviene en un sistema de ecuaciones, que para el caso de un canal simple sin ramificaciones, genera una matriz tridiagonal. Luego de obtenidas las profundidades en forma global, se calculan las velocidades explicitadas en la ecuación de cantidad de movimiento. La discretización espacial se realizó con el método de los elementos móviles (MEM), de acuerdo a Reis (1998) propuesto por Rosman, método que posee la cualidad de poder utilizar mallas irregulares como en el método de elementos finitos y la eficiencia computacional del método de diferencias finitas. Los detalles del método están expuestos en Reis.

APLICACION DEL MODELO Y RESULTADOS OBTENIDOS

El tramo en estudio está constituido por 148,5 km del río Salado, 4 km. del arroyo Cululú y 1,5 km del canal Primero de Mayo. Se calculó la distribución de velocidades y profundidades para un escurrimiento gradualmente variado estacionario, característico de una situación de aguas medias. La configuración de los cursos se observa en la Figura 3.

Relevamientos de campo

Los trabajos de campo realizados por los integrantes del proyecto "Modelación Matemática del Transporte de Poluentes en Aguas Superficiales de la Cuenca Inferior del Río Salado" de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (UNL) utilizados en este estudio son:

- i) Relevamiento de puntos fijos acotados.
- ii) Acotación de calzada de puentes.
- iii) Identificación de las secciones de medición de niveles y de toma de muestras.
- iv) Navegación del río Salado con sonda ecógrafa y equipo posicionador GPS.
- v) Medición de secciones transversales.
- vi) Identificación de fuentes de polución puntual.

Estas tareas demandaron 24 salidas al campo. En el transcurso de las mismas se lograron ubicar 7 puntos fijos cercanos a los puentes, el acotamiento de sus calzadas y la identificación de las principales fuentes de polución puntual de la cuenca. En períodos de aguas altas, marzo de 1998, se navegaron 126 km (sobre un total de 188 km) del río Salado donde se relevaron el perfil longitudinal de este curso, y perfiles transversales de numerosas secciones. También se realizaron nivelaciones planialtimétricas, aforos, medición de variables ambientales y extracción de muestras de agua y sedimentos.

Implementación del Modelo Matemático

La configuración en ramas se compuso de un curso principal (tramo del río Salado de 148,5 km) y de 2 tramos secundarios (arroyo Cululú de 4 km y canal Primero de Mayo de 1,5 km). Se adoptó un intervalo espacial de 500 m, determinándose de tal modo un total de 313 nodos de cálculo. Así, la discretización por tramos comprendió 300 nodos en el río Salado, 9 en el arroyo Cululú y 4 en el canal Primero de Mayo.

El intervalo temporal empleado, fue $\Delta t = 10$ s. Se especificaron como condiciones de borde en las tres secciones de aguas arriba condiciones de caudal y en el borde de aguas abajo o salida, el nivel hidrométrico del río Salado. Para la situación hidrométrica simulada se midieron los niveles de pelo de agua en siete secciones desde las calzadas de puentes y en dos escalas hidrométricas. Se calcularon los caudales mediante curvas de descarga existentes (Benavidez et al., 1986), las cuales fueron reelaboradas con más de 40 aforos adicionales.

Se implementaron 24 secciones transversales, cuyas geometrías se ajustaron a formas trapeciales. Las cotas de bases de fondo se establecieron según los relevamientos batimétricos y los taludes, tanto de margen derecha como de izquierda, se calcularon acordes a las secciones naturales. Las máximas profundidades relevadas en cada puente mediante sonda ecógrafa en marzo de 1998, fueron verificadas mediante escandallo en mayo de 1999, a los fines de la implementación de este modelo.

Resultados obtenidos

La comparación entre los niveles hidrométricos calculados y los medidos se observa en la Figura 5, referenciados sobre un plano de comparación arbitrario. Estos niveles calculados son los resultantes de un proceso de calibración en base al coeficiente de rugosidad n de Manning, parámetro del modelo, los que se muestran en la Tabla 1. En la Tabla 2 se observan los errores porcentuales de los niveles calculados, obtenidos del proceso de calibración

Tabla 1 - Distribución del n de Manning a lo largo del río Salado

RIO SALADO				
Tramo progresivas (km)	0 - 52,5	52,5 - 85,0	85,0 - 105,0	105,0 - 148,5
n de Manning	0,035	0,045	0,030	0,035

Tabla 2 - Resultados obtenidos en la calibración

NIVELES HIDROMETRICOS MEDIDOS VS. CALCULADOS					
RIO SALADO					ARROYO CULULU
Sección progresiva (m)	52500	85000	105000	148500	4000
% de error	0.08	0.05	0.06	0.08	0.08

La variación de los n de Manning a lo largo del escurrimiento, se justifica en un primer análisis, en: a) las irregularidades de la batimetría que determina tramos con profundidades medias muy distintas entre uno y otro, b) la incidencia de las variaciones de la sinuosidad del cauce y c) otros factores, por ejemplo la vegetación y la pendiente de fondo. Así, en el tramo con $n = 0,030$ se registra la menor profundidad media y la mayor pendiente de fondo; mientras que en el tramo con rugosidad $n = 0,045$ se observa la menor pendiente de fondo y un elevado coeficiente de sinuosidad.

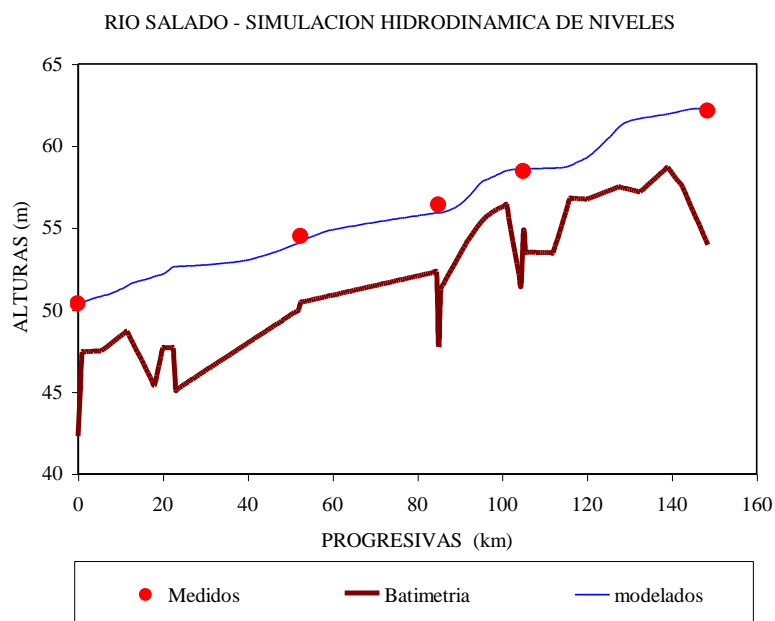


Figura 5 - Perfil longitudinal de fondo y distribución espacial de niveles medidos y calculados (sobre un plano de referencia arbitrario)

Las mayores velocidades medias (Figura 6) se registran en aquellos tramos que presentan menores profundidades y menor coeficiente n de Manning. En particular se destacan las disminuciones de velocidad observadas en las secciones de los puentes que han tenido serios problemas de erosión local durante la crecida extraordinaria de 1998. Uno de esos puentes tuvo que ser reemplazado parcialmente por una estructura tipo Bailey, en otro de ellos se desmoronó completamente un estribo y en un tercero se observó un incremento de la sección de paso.

Análisis de Sensibilidad

En la Figura 7 se muestran los perfiles longitudinales de niveles para distintos n de Manning, como parte del análisis de sensibilidad realizado. Las diferencias de niveles que se evidencian en el gráfico, remarcen la necesidad de hacer un cuidadoso análisis en la adopción de este parámetro.

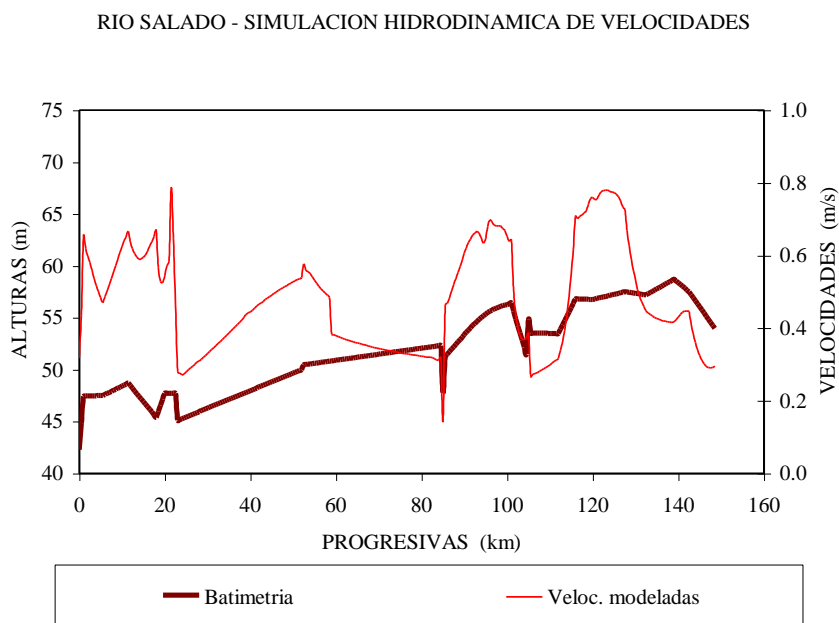


Figura 6 - Distribución longitudinal de velocidades medias.

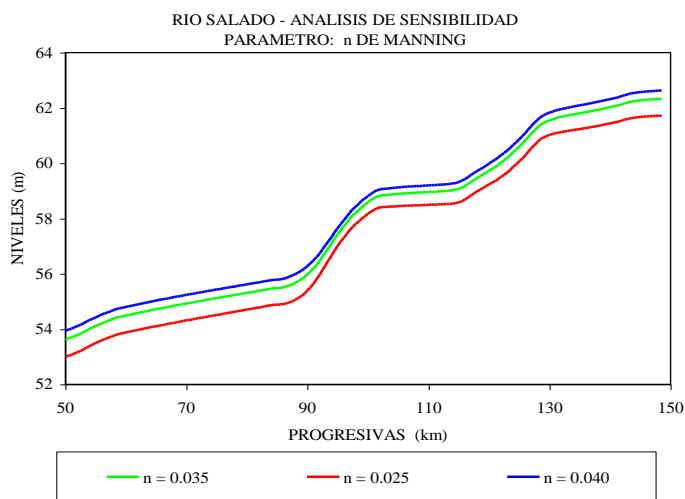


Figura 7 - Perfiles longitudinales de tirantes para distintos n de Manning.

CONCLUSIONES

Se ha logrado una herramienta computacional capaz de simular adecuadamente la distribución espacial de niveles y velocidades, para situaciones hidráulicas estacionarias de aguas bajas y medias en los cursos de la cuenca. La hidrodinámica calculada se implementará en modelos de transporte de poluentes ya desarrollados.

Los resultados de la aplicación y calibración del modelo son altamente satisfactorios, si se tiene en cuenta que es una primera aplicación a la configuración en ramas. Si bien se realizaron numerosos relevamientos de campo se destaca la necesidad de completar el conocimiento de la batimetría entre progresivas 52,5 km y 85,0 km, la cual fue representada en forma aproximada. Los caudales calculados en base a curvas de

descarga son confiables, no obstante, para futuras aplicaciones se debería contar con nuevas mediciones de caudal, a los fines de obtener mayor confiabilidad en los resultados.

Los buenos resultados obtenidos constituyen un aliciente para extender el dominio de cálculo hacia aguas abajo en el río Salado y aguas arriba en los cursos afluentes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al MSc. Dirceu S. Reis Jr, la transferencia del modelo hidrodinámico desarrollado en su Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Civil, UFRJ, Brasil, 1998. Este trabajo fue desarrollado y subsidiado en el marco del Proyecto CAI+D '96 "Modelación Matemática del Transporte de Poluentes en Cursos de Agua de la Cuenca Inferior del Río Salado", de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral.

REFERENCIAS

- AGRO TEC, (1997), Ediciones de Agrotecnia, 2° Epoca, N° 66.
- BENAVIDEZ, R.; COLLINS, J. y OTROS, (1986), "Caracterización hidrológica de la cuenca del río Salado", Vol. 1 y 2. Programa Hidrología de Llanuras. INCyTH - CRL, Santa Fe, Argentina.
- DIRECCIÓN PROVINCIAL DE OBRAS SANITARIAS DE LA PROV. DE SANTA FE- (Dipos Residual), Argentina, (1996), "Relevamiento en la cuenca inferior del río Salado".
- EMILIANI F., (1980), "Ecología de la contaminación en la cuenca inferior del río Salado", I Nota: Evaluación de coliformes fecales. Revista Asoc. Cs. Nat. Litoral N° 11, pág 41-69, Argentina.
- EMILIANI F., y GONZALES DE PAIRA, (1996), "Concentraciones de coliformes termotolerantes en un balneario fluvial, Revista Asoc. Cs. Nat. Litoral N° 27 (1), pág 23-33, Argentina.
- EVARSA, (1994), "Estadística hidrológica 1994", tomo I, pág 109-110., Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos.
- GABIOUX M., STRASSER M. y TRENTO A., (1999), "Niveles de polución en aguas superficiales de la cuenca inferior del río Salado", Congreso Nacional Ambiental '99, San Juan, Argentina (enviado para su publicación).
-

- GOLLAN J. y LACHAGA D.A., (1939), "Aguas de la provincia de Santa Fe - Instituto experimental de investigación y fomento agrícola ganadero", Publicación técnica N° 12, Santa Fe, Argentina.
- INSTITUTO PROVINCIAL DE ESTADISTICAS y CENSOS (IPEC), (1991), Gobierno de la Provincia de Santa Fe, Argentina.
- IRIONDO M. H., (1981), "Estudio geomorfológico de la cuenca del río Salado en Santa Fe como base para la investigación hidrológica", Convenio UNL-INCyTH, Santa Fe, Argentina.
- MAGLIANESI, R. E. y DEPETRIS, P. J., (1970), "Características químicas de las aguas del río Salado Inferior (prov. de Santa Fe, República Argentina)". *PHYSIS*, tomo XXX, N° 80, pág. 19-32, Buenos Aires, Argentina.
- NUESTRO AGRO, DIR. MIGUEL A. RUÍZ DÍAZ, (1998), N° 50, Santa Fe, Argentina.
- NUESTRO AGRO, DIR. MIGUEL A. RUÍZ DÍAZ, (1999), N° 63, Santa Fe, Argentina.
- REIS, D.S. Jr, (1998), "Desenvolvimento de um modelo 1D para rede de canais via método do elemento móvel co substituições sucessivas", Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Civil, UFRJ, Brasil.
- REY, C.A., (1985), "Programa: Control de la contaminación de cursos de agua. Informe interno N° 049/85", Dirección General de Saneamiento, prov. de Santa Fe, Argentina.
- RICE R.J., (1983), "Fundamentos de geomorfología", Edit. Paraninfo S.A.
- SCHUMM S.A., MOSLEY M.P. y WEAVER W.E., (1987), "Experimental fluvial geomorphology", J. Wiley and Sons.
- SOLDANO F.A., (1947), " Régimen y Aprovechamiento de la Red Fluvial Argentina: el río Paraná y sus tributarios", Edit. Cimera, Bs. As, Argentina.
- TRENTO, ALFREDO, (1998), "Modelo unidireccional para estudio de calidad de aguas", Tesis de Maestría, Fac. de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL, Santa Fe, Argentina.