



2016

Mejora de la producción agropecuaria e industrial en el interior de la Provincia de Buenos Aires a partir de la optimización de la infraestructura hidráulica, vial y ferroviaria
Informe de actividades

Informe de avance N°1



27-12-2016



Mejora de la producción agropecuaria e industrial en el interior de la Provincia de Buenos Aires a partir de la optimización de la infraestructura hidráulica, vial y ferroviaria

Informe de actividades

Informe N°1 (diciembre de 2016)

Rev.	Fecha	Descripción de la/s enmienda/s	Edición	Revisión
A	27/12/2016	Versión de emisión	LDM	PGR
B				
C				

Ficha Técnica

1. Documento Informe de actividades		2. Convenio específico		3. Referencia al archivo original Tesis_Mena_CST_CIC_Informe_1.docx	
4. Título y subtítulos: Mejora de la producción agropecuaria e industrial en el interior de la Provincia de Buenos Aires a partir de la optimización de la infraestructura hidráulica, vial y ferroviaria Informe de actividades			5. Período informado 01/08/2016 al 27/12/2016		
7. Dependencia institucional: 			6. Versión Informe de avance N°1 (A - versión de emisión)		
9. Tesis de doctorado: Mejora de la producción agropecuaria e industrial en el interior de la Provincia de Buenos Aires a partir de la optimización de la infraestructura hidráulica, vial y ferroviaria Beca de Estudio de Fortalecimiento de Centro CIC			8. Autoridades: Ing. Jorge Elustondo <u>Ministro</u> Ing. Armando De Giusti <u>Presidente CIC</u>		
12. Unidad ejecutora del estudio: 			10. Identificación abreviada: BEFC-CIC		
15. Notas: <u>Cítese:</u> Mena, L. D. y Romanazzi, P. G. ; "Mejora de la producción agropecuaria e industrial en el interior de la Provincia de Buenos Aires a partir de la optimización de la infraestructura hidráulica, vial y ferroviaria"; Informe de avance N°1; CST - PBA; diciembre de 2016.			11. Becario: Lucas Damián Mena lucasdamiánmena90@gmail.com		
16. Resumen: <ul style="list-style-type: none">En este informe de avance se describen las tareas de gabinete y campo desarrolladas en el período comprendido entre agosto y diciembre de 2016En esta instancia se revisó la metodología de Snyder para la zona serrana de la región bajo estudio y se propuso una modificación que mejora la predicción del caudal pico. También se tuvo la oportunidad de realizar un relevamiento de campo de la zona aludida, el piedemonte y el inicio de la llanura con descarga final en el sistema de canales provincial.			13. Identificación abreviada: CST		
17. Palabras clave Método de Snyder, Información hidrológica, Zona serrana.			14. Director: Mg. Ing. Pablo G. ROMANAZZI <u>pablo.romanazzi@cic.gba.gob.ar</u>		
19. Confidencialidad Libre acceso		20. Nro. de páginas 16		18. Tamaño y fecha del archivo protegido 2.064 KB 27/12/2016	
21. Nro. de figuras 02		22. Nro. de tablas 03		23. Nro. de fotos 03	

Mejora de la producción agropecuaria e industrial en el interior de la Provincia de Buenos Aires a partir de la optimización de la infraestructura hidráulica, vial y ferroviaria

Informe de avance N°1

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	5
2	RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES	6
3	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA DE LA REGIÓN.....	7
4	PRIMEROS RESULTADOS Y ACCIONES A FUTURO.....	10
5	VISITA A CAMPO Y ENTREVISTAS.....	12
6	CURSOS REALIZADOS.....	15
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1-Cuencas hidrográficas de los arroyos Azul, Los Huesos y Chapaleofú.....	8
Figura 5-1- recorrido realizado y ubicación de puntos relevados.....	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1- Características geomorfológicas de las cuencas	8
Tabla 4-1- Valores Ct y Cp para las cuencas de los arroyos Azul, Chapaleofú y Los Huesos.....	10
Tabla 4-2- Valores Ct y Cp de la metodología modificada	10

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 5-1-Puente Sobre Aº de Los Huesos RP226 desde aguas arriba	13
Foto 5-2-Puente sobre Aº Chapaleofú vista hacia el balneario de Rauch	13
Foto 5-3-Aº Azul vista hacia aguas arriba Av. Mujica.....	13

1 INTRODUCCIÓN

Este primer informe forma parte de la investigación iniciada a partir de la adjudicación, por parte de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), de una Beca Doctoral de Inicio en el marco del fortalecimiento de centros CIC.

El director y coordinador de la presente investigación es el Mg. Ing. Pablo Romanazzi, quien es el director del Centro de Servicios Tecnológicos e Innovación Productiva (CST) perteneciente a la CIC.

De la misma forma se hizo una presentación en la Escuela de Postgrado y Educación Continua (EPEC) de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, para iniciar la carrera de doctorado en esa unidad académica. Al presente se ha recibido ya el visto bueno del Departamento de Hidráulica (que oficia de unidad de referencia de la postulación al doctorado) y se espera durante el desarrollo del 2017 la aprobación definitiva del plan de tesis y de los cursos correspondientes a la etapa de formación de posgrado.

El título de esta investigación es el siguiente: “Mejora de la producción agropecuaria e industrial en el interior de la Provincia de Buenos Aires a partir de la optimización de la infraestructura hidráulica, vial y ferroviaria”. Siendo el caso de estudio la región del faldeo norte de las sierras de Tandil, involucrando a los partidos de Azul y Tandil en la cabecera, y a los partidos de Rauch y Ayacucho en la llanura ondulada.

El objetivo general del proyecto es desarrollar un análisis multiobjetivo (económico y ambiental), el cual permita definir una relación óptima para la inversión y el mantenimiento de la infraestructura vial - hidráulica - ferroviaria que impacte positivamente en la producción agropecuaria e industrial del interior de la provincia de Buenos Aires.

Esta primera etapa comenzó con el estudio de la cuenca alta (zona serrana) de la región mencionada, realizando las siguientes actividades:

- RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES
- ANÁLISIS DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA DE LA REGIÓN
- MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LAS CUENCAS ALTAS DE LA REGIÓN
- VISITA A CAMPO Y ENTREVISTAS
- CURSOS DE POSGRADO

2 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

Debido a que el sector fue objeto de diversos estudios, realizados fundamentalmente a principios de la década del '90, las primeras semanas del trabajo fueron dedicadas especialmente a la recopilación de esa información con el objeto de analizarla, evaluarla y extraer aquellas conclusiones que resulten útiles al propósito de la investigación que se propone realizar.

Entre ellas, cabe destacar el "Plan de Ordenamiento Hídrico del Faldeo Norte de las Sierras de Tandil", desarrollado por un trabajo de consultoría para la Provincia de Buenos Aires y diversos trabajos y publicaciones vinculados con la temática y la zona de estudio. Además se realizó la recopilación de información hidrológica, física, climática y meteorológica existente en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Instituto de Hidrología de Llanuras de Azul (IHLLA), el Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH), entre otros.

3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA DE LA REGIÓN

En la región se pueden identificar las siguientes cuencas:

- Cuenca del Aº Azul
- Cuenca del Aº de Los Huesos
- Cuenca del Aº Chapaleofú
- Cuenca del Aº Tandileofú
- Cuenca del Aº La Corina
- Cuenca del Aº Cortaderas
- Cuenca del Aº Langueyú
- Cuenca del Aº Chelforó
- Cuenca del Aº El Perdido

Teniendo en cuenta que hasta la fecha se ha recopilado información referente exclusivamente a las tres primeras cuencas del listado (Figura 3-1), el comienzo del análisis se centró en la modelación hidrológica de la cabecera de estas cuencas. Para esto se utilizó un conjunto de datos recopilados en investigaciones anteriores, tales como registros históricos de precipitaciones en las estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca (Ayacucho, Azul Aero, Cacharí, Chillar, De La Canal, Egaña, Las Flores, Maipú, Martín Colman, Napaleofú, Rauch, Tandil, Udaquiola) y registros de aforos en los arroyos Chapaleofú, Los Huesos y Azul. Toda esta información proviene de la actividad desarrollada por el Departamento de Hidrología de la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Buena Aires, hoy dependiente de la Autoridad del Agua (ADA).

Para la caracterización fisiográfica de las cuencas se recurrió a la utilización de modelos digitales de elevación del SRTM (Misión Topográfica Shuttle Radar), y al procesamiento esta información utilizando el software Global Mapper y el ArcGis, delimitando cada una de las cuencas (Figura 3-1) con el objeto de obtener los siguientes parámetros:

- Área de las cuencas
- Pendientes de los cursos principales
- Longitudes de los cursos principales
- Pendientes medias de las cuencas

los valores obtenidos para las cuencas estudiadas se observan en la siguiente tabla:

Tabla 3-1- Características geomorfológicas de las cuencas

	Cuenca		
	Chapaleofú	Los Huesos	Azul
L [km]	51,6	55,3	70,7
Lc [km]	24,2	27,2	35,9
A [km ²]	1118,1	1084,4	1100,5
i [%]	0,18%	0,16%	0,13%
i _{medCUENCA} [%]	14,97%	11,98%	7,33%

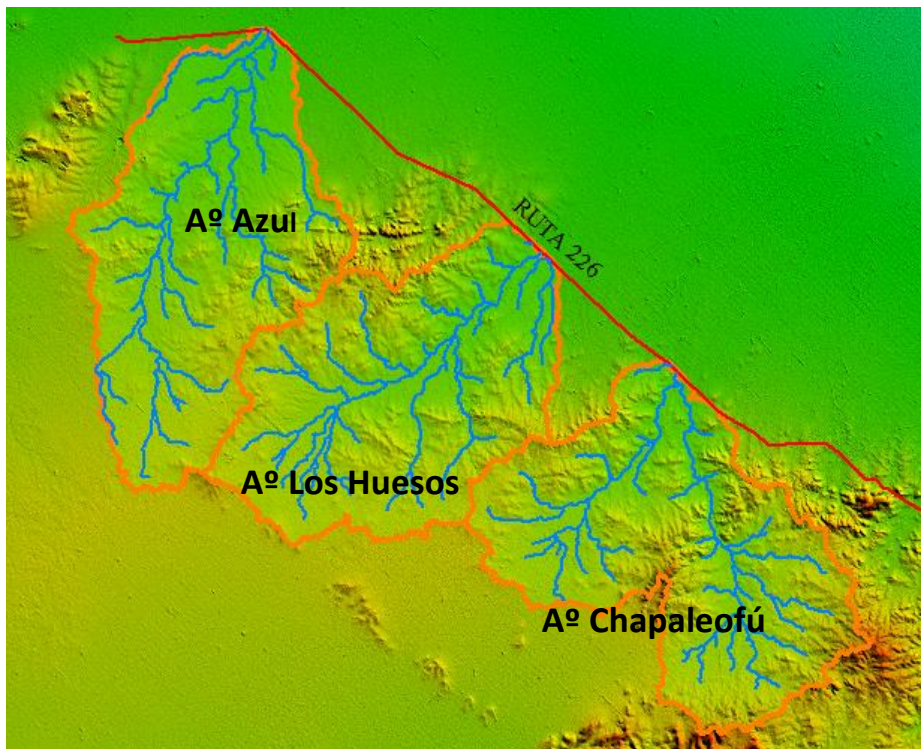


Figura 3-1-Cuencas hidrográficas de los arroyos Azul, Los Huesos y Chapaleofú

Con los registros de precipitaciones y los hidrogramas observados, se obtuvieron los hidrogramas unitarios para cada una de las cuencas.

Utilizando el caudal pico y el tiempo al pico, correspondientes a estos hidrogramas unitarios, y las características físicas de la cuenca, se aplicó la metodología del Hidrograma Unitario Sintético de Snyder y se determinaron los coeficientes C_t y C_p (coeficientes de tiempo y de pico del método) para

cada una de las cuencas con el objeto de describir hidrológicamente a la región a partir de la obtención de estos parámetros característicos.

La metodología de Snyder permite la estimación del caudal pico (Q_p) y del tiempo al pico (T_p) mediante la utilización de las siguientes expresiones:

$$Q_p = \frac{C_p \times A}{0.0036 \times T_p}$$

$$T_p = C_t \left(\frac{L \times L_g}{\sqrt{S}} \right)^{0.3}$$

donde: T_p = tiempo al pico del hidrograma [horas]

Q_p = caudal pico [m³/s]

L = longitud del cauce del arroyo [Km]

L_g = longitud del baricentro a la sección de control [Km]

A = área de la cuenca [Km²]

S = pendiente media del curso principal [-]

C_t y C_p = coeficientes

4 PRIMEROS RESULTADOS Y ACCIONES A FUTURO

Analizando los datos relevados y las características fisiográficas de las cuencas resultantes del procesamiento realizado se obtuvo, como primer producto del trabajo, los valores de los coeficientes Ct y Cp (coeficientes de tiempo y de pico correspondientes al hidrograma unitario sintético de Snyder) para cada una de las cuencas estudiadas. Continuando con el análisis de los resultados quedó definido un rango de variación de estos parámetros locales característicos. Los valores obtenidos son los siguientes:

Tabla 4-1- Valores Ct y Cp para las cuencas de los arroyos Azul, Chapaleofú y Los Huesos

	Cuenca			Rango	
	Chapaleofú	Los Huesos	Azul	Mín	Máx
Ct	1,888	1,821	1,546	1,546	1,888
Cp	0,011	0,009	0,007	0,007	0,011

Con el objeto de obtener valores de los coeficientes representativos del conjunto de las cuencas en estudio, y por lo tanto de la zona alta de la región, se utilizaron técnicas de optimización para minimizar el error conseguido en la estimación con distintos pares de parámetros dentro del rango ya calculado, encontrándose que los valores óptimos de los coeficientes son **Ct=1,750** y **Cp=0,0088**, con los cuales los errores en los caudales estimados son del orden del **10%**.

Se propuso mejorar las estimaciones obtenidas haciendo intervenir parámetros geomorfológicos característicos de la zona serrana de estudio, el parámetro elegido fue la pendiente media de la cuenca dada su representatividad y su facilidad de cálculo con las nuevas herramientas computacionales disponibles.

Luego de distintas pruebas, se encontró que la mayor influencia de este parámetro local se evidencia en la fórmula que permite determinar el caudal pico. El factor correctivo introducido más adecuado para la región resultó ser una función potencial con un exponente de 0.3, adoptándose entonces la siguiente expresión para el cálculo del caudal pico:

$$Q_p = \frac{C_p \times A \times i_{Cmed}^{0.3}}{0.0036 \times T_p}$$

siendo i_{Cmed} = pendiente media de la cuenca [-]

Los valores de los coeficientes Ct y Cp obtenidos con la metodología modificada son los siguientes:

Tabla 4-2- Valores Ct y Cp de la metodología modificada

	Cuenca			Rango	
	Chapaleofú	Los Huesos	Azul	Mín	Máx
Ct	1,888	1,821	1,546	1,546	1,888
Cp	0,019	0,017	0,015	0,015	0,019

Utilizando el mismo procedimiento aplicado anteriormente para hallar los valores óptimos, se encontró que los nuevos valores óptimos de los coeficientes son **Ct=1,751 y Cp=0,0169**, con los cuales los errores en los caudales estimados son menores al **5%**.

Precisamente, el orden del error obtenido de la aplicación de la metodología de Snyder modificada es uno de los resultados más auspiciosos de la presente etapa del proyecto de investigación, ya que mejora significativamente la estimación de los caudales, mediante la incorporación de la pendiente media de la cuenca como parámetro representativo de la zona de estudio, el que resulta fácilmente obtenible con las nuevas tecnologías.

Las nuevas líneas de investigación que se abren a la luz de los resultados obtenidos consisten en recopilar información actualizada de precipitaciones y caudales para poder validar y/o ajustar la metodología implementada, y así poder extenderla a cuencas aledañas de similares características.

5 VISITA A CAMPO Y ENTREVISTAS

Los días 14 y 15 de diciembre de 2016 se realizó un viaje a la región de estudio, con motivo de contar con un reconocimiento más cercano del territorio desde el punto de vista hidrológico, vial e institucional, y presentar el tema de investigación, las tareas realizadas hasta el momento y las proyecciones a futuro, a autoridades, profesionales e investigadores de las instituciones locales relacionadas con la temática del proyecto de investigación.

Adicionalmente, el recorrido realizado (Figura 5-1) tuvo por objeto ubicar, observar y caracterizar los arroyos Azul, Chapaleofú y de Los Huesos tanto en cabecera (zona serrana en correspondencia con los cruces con la RP226) como en la cuenca baja (zona de llanura en correspondencia con los cruces con la RP50 y la RP60). Mediante la utilización de instrumental GPS se logró georreferenciar 20 puntos significativos, en coincidencia con puentes, cruces con vías ferroviarias y algunas estaciones limnigráficas de la zona.

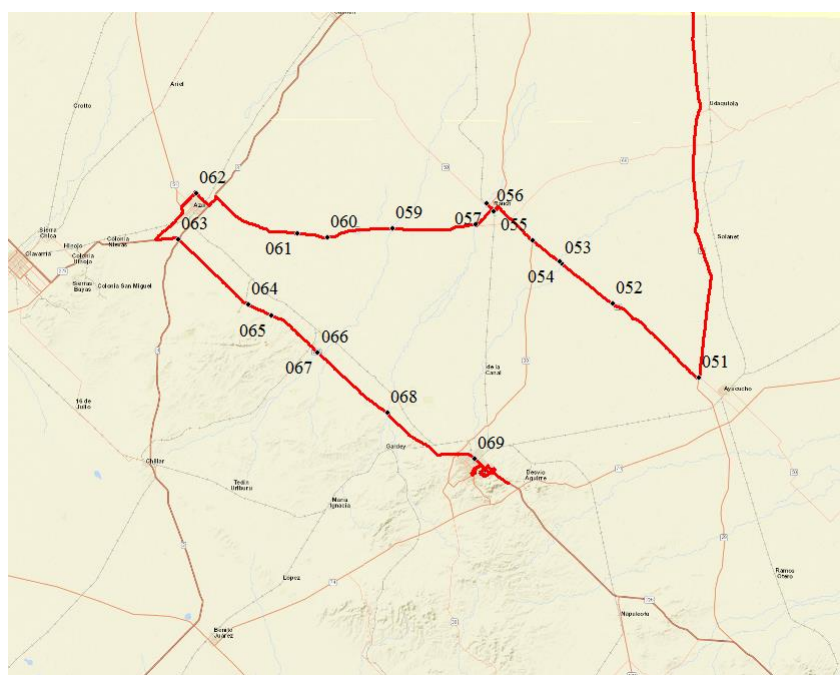


Figura 5-1- recorrido realizado y ubicación de puntos relevados



Foto 5-1-Puente Sobre Aº de Los Huesos RP226 desde aguas arriba



Foto 5-2-Puente sobre Aº Chapaleofú vista hacia el balneario de Rauch



Foto 5-3-Aº Azul vista hacia aguas arriba Av. Mujica

El día miércoles 14 se asistió a una reunión en las instalaciones del Instituto de Hidrología de Llanuras de Azul (IHLLA), la cual tuvo la participación del Dr. Luis S. Vives (director del IHLLA), del Dr. Marcelo R. Varni, de la Mg. Georgina Cazenave, de la Dra. Ilda Entraigas, de la Dra. María G. Ares y

del Mg. Cristian Guevara. En la reunión se explicaron las tareas que han realizado los centros (CST e IHLLA) recientemente y las actividades que están en desarrollo. Finalmente se presentó el tema de estudio en el faldeo norte de las sierras de Tandil, y los avances logrados hasta el momento.

Finalizada la reunión, el Mg. Cristian Guevara suministró información sobre nuevas tendencias y herramientas dentro del campo de la obtención, análisis y operación de modelos digitales del terreno; y la Mg. Georgina Cazenave brindó información sobre diferentes alternativas de utilización de la Base de Datos Hidrológica (BDH) elaborada por el IHLLA. Además puso a disposición información adicional que en el futuro resulte de aplicación para el presente proyecto de investigación.

El día 15 de diciembre se realizó una visita al centro CIC PLADEMA en las instalaciones de la UNICEN en Tandil, tomando contacto con el Dr. Pablo Rinaldi quien suministró copia del software AQUA, que resultó útil a los fines de este trabajo en lo que se refiere a la componente hidrológica de la zona de llanura. En efecto el modelo AQUA presenta ciertas ventajas al computar el balance hídrico vertical típico de zonas llanas, aunque surge la necesidad de implementar controles que verifiquen el cumplimiento de la ecuación de continuidad, principio básico en este tipo de modelos. Esto formará parte de la segunda etapa del presente trabajo de tesis que seguramente utilizará como condición de borde aguas arriba los caudales estimados con la metodología descripta en el capítulo anterior.

Finalmente, la posibilidad de conformar un ámbito de cooperación y flujo de información con los principales actores de la temática en la zona, constituye el resultado más relevante de la visita realizada.

6 CURSOS REALIZADOS

- **“Fundamentos de hidrología de superficie”**

Curso correspondiente al primer año de la carrera estructurada Maestría en ecohidrología, organizada en forma conjunta entre la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP, sede: Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP

Fecha de realización: agosto a diciembre de 2016

Carga horaria: 80 hs.

- **“Simulación de escenarios de cambio de uso de suelo urbano mediante sistemas de información geográfico”**

Dr. Santiago Linares, Facultad de humanidades y ciencias de la educación de la UNLP, sede: Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la UNLP

Fecha de realización: del 30 de noviembre al 2 de diciembre de 2016

Carga horaria: 30 hs.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antecedentes principales

- Gago Tonin (1994); “Plan de Ordenamiento Hídrico Faldeo Norte de las Sierras de Tandil”,
- Chow, Ven Te (1994); “Hidrología aplicada”; Santafé de Bogotá; McGraw-Hill
- Snyder, F. (1938) “ Synthetic Unit-Graph“ Trans. Am. Geophys. Union Vol 19 pp 447-454
- Romanazzi, P. (2014); “Aproximación a la estimación estadística de la precipitación máxima probable para La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina”; II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras, Santa Fe, Argentina.

Base de datos

- Base de Datos Hidrológica de la ciudad de Azul; <http://www.azul.bdh.org.ar/>
- Base de Datos Hidrológica Integrada de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación; <http://bdhi.hidricosargentina.gov.ar/>
- Servicio Meteorológico Nacional, Centro de Información Meteorológica (CIM), Secretaría de Ciencia, Tecnología y Producción para la Defensa; <http://www.smn.gov.ar/>
- Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires, Autoridad del Agua, Departamento de Hidrología; <http://www.ada.gba.gov.ar/>

Diseño hidrológico e hidráulico

- Dingman, S. L. (2002); “Physical Hydrology”; 2a Ed, Prentice Hall.
- Loague, K. (2010); “Rainfall – runoff modelling”; BPH4, IASH.
- Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires (2011); “Manual para el diseño de Planes Maestros”; La Plata.
- Romanazzi, P. (2011); “Caracterización y tratamiento de la inundación urbana: el caso de la cuenca del arroyo del Gato en el partido de La Plata”; Laboratorio de Hidrología, Facultad de Ingeniería, UNLP; <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26662>; La Plata.
- Singh, V. P. (1988); “Hydrologic Systems, Vol. I, Rainfall-Runoff Modeling”, Prentice Hall.
- Singh, V. P. (1989); “Hydrologic Systems: Vol. II - Watershed Modeling”, Prentice Hall.
- Viessman, W. y Lewis, G. (2003), “Introduction to Hydrology”, 5a Ed., Prentice Hall.