

DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA, ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO UNIVERSITARIO ROSARIO DE INVESTIGACIONES HIDROAMBIENTALES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO.



RELACIONES DE ESCALAMIENTO DE PARÁMETROS PARA DIFERENTES NIVELES DE DISCRETIZACIÓN ESPACIAL EN LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DISTRIBUIDA DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN CUENCAS DE LLANURA

Hernán Stenta ⁽¹⁾, Gerardo Riccardi ⁽²⁾ y Pedro Basile⁽¹⁾

(1) Departamento de Hidráulica y CURIHAM. FCEIyA. U. N. R.

(2) CIUNR. Departamento de Hidráulica y CURIHAM. FCEIyA. U. N. R.

Riobamba 245 bis (2000) Rosario, Argentina

Telefax: +54+341-4808541 – e-mail: hstenta@fceia.unr.edu.ar



CONGRESO NACIONAL DEL AGUA – Resistencia (Chaco)
Junio 2011



ORGANIZACIÓN DE LA PRESENTACION

- ✓ **INTRODUCCIÓN**
- ✓ **OBJETIVOS**
- ✓ **BREVE DESCRIPCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO**
- ✓ **DESARROLLO DEL TRABAJO**
- ✓ **DISCUSIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS**
- ✓ **CONCLUSIONES**



INTRODUCCIÓN

- Discretización de una Cuenca: Impactos
 - Relieve
 - Respuestas Hidrológicas
- Variabilidad del efecto depende de
 - Modelo matemático.
 - Procesos y abstracciones consideradas.
 - Características de la cuenca (Relieve, Red de Drenaje).
- No existe consenso respecto a determinar un TG.
- Se acepta como criterio para obtener similitud el escalamiento de parámetros conservando alguna característica representativa del sistema



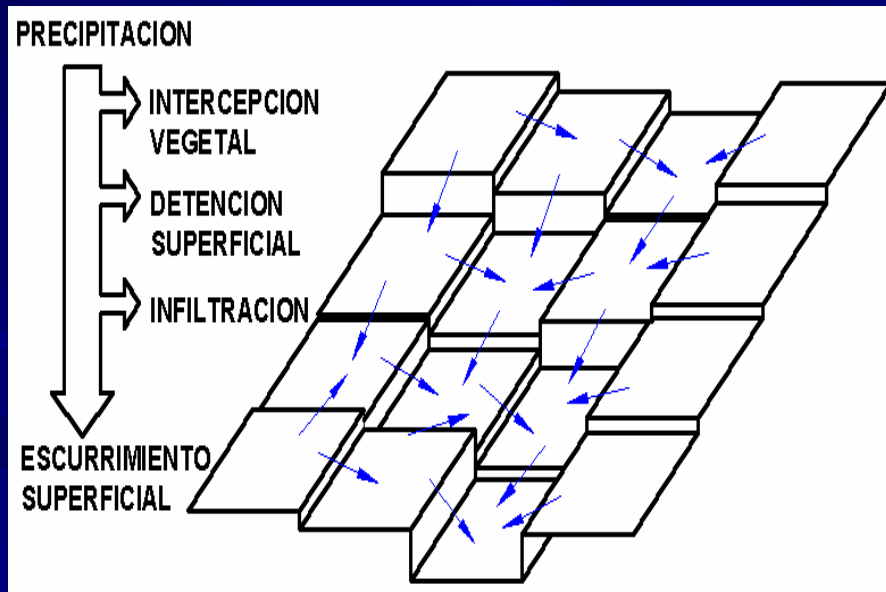
OBJETIVOS

- **Investigar los efectos del tamaño de grilla en la modelación matemática distribuida del escurrimiento superficial.**
 - **Cuencas reales**
 - **Modelo matemático físicamente basado con aproximación de onda difusiva (cuasi 2-D).**
 - **Efectos sobre: Relieve y Variables de flujo**
 - **Analizar el grado de similitud alcanzado en las variables hidrológicas**



BREVE DESCRIPCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

- Modelo matemático hidrológico-hidráulico denominado CTSS8 (Riccardi, 2001);
- Cuasi-bidimensional de parámetros distribuidos;
- Basado en esquemas de celdas originalmente propuestos por Cunge (1975);
- Ecuaciones: continuidad y distintas simplificaciones de la ecuación de cantidad de movimiento;
- Celdas pueden ser de tipo valle o tipo río.

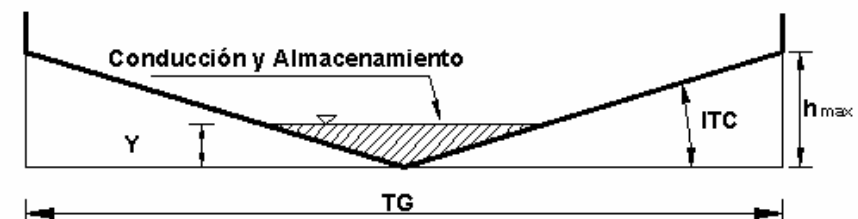


Modelo Conceptual de Conducción y Almacenamiento a Nivel de Celda.

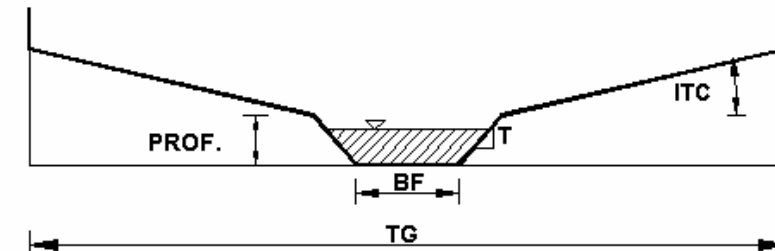
PERFIL NATURAL ESQUEMATICO



PARAMETRIZACIÓN EN CELDAS VALLE



PARAMETRIZACIÓN EN CELDAS RIO





PROCEDIMIENTO PROPUESTO PARA EL ESCALAMIENTO DE PARAMETROS Y ANALISIS DE SIMILITUD

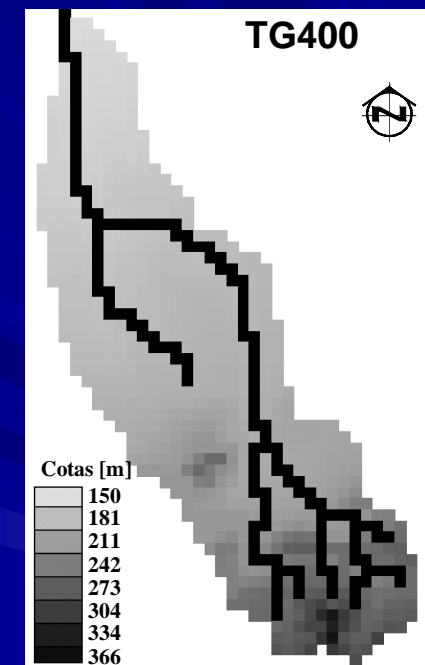
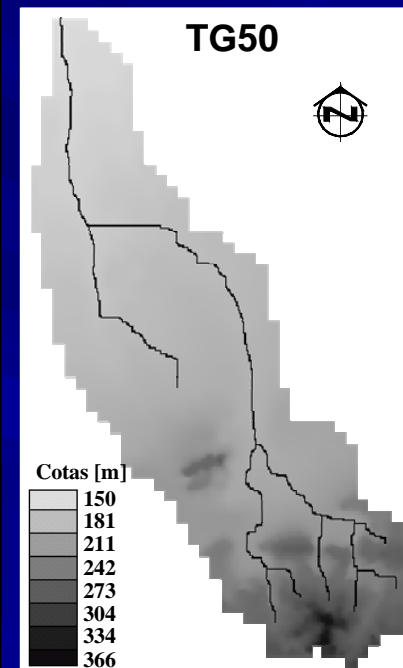




CUENCA DEL ARROYO SANTA CATALINA

CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

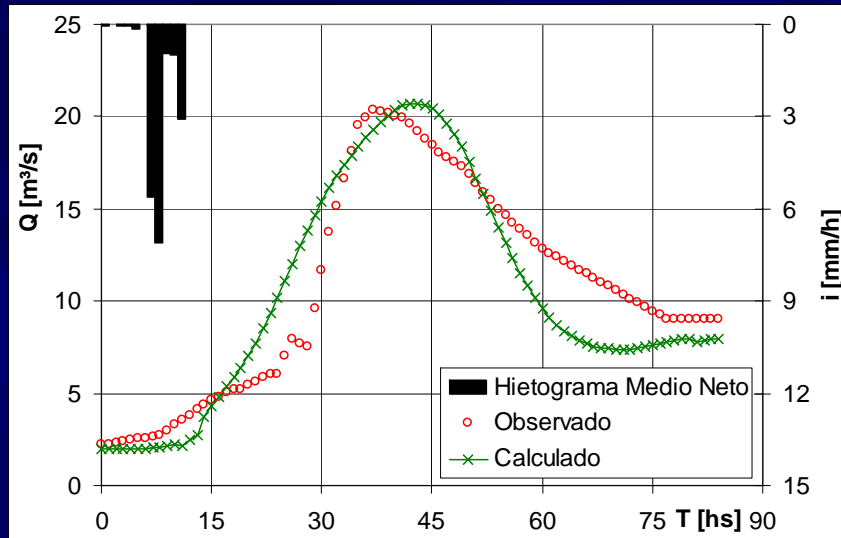
Característica	TG50	TG100	TG200	TG400
Área [Km ²]	<u>135.52</u>	135.52	135.52	<u>135.52</u>
Celdas	54208	13552	3388	847
Vinculaciones	107673	26733	6591	1602
Longitud total de cursos [Km]	59.8	59.3	59.0	57.2
Densidad de Drenaje [Km/Km ²]	0.441	0.438	0.435	0.422
Pendiente curso principal [m/Km]	<u>3.30</u>	3.26	3.17	<u>3.26</u>
Z máxima – Z mínimo [m]	215.6	215.1	214.9	209.6
Índice de Rugosidad	95	94	94	88
Cap. de almac. en cursos por unidad de long [m ³ /m]	6.2	6.2	6.1	6.1
Promedio de Pend. Locales [m/m]	<u>0.0184</u>	0.0178	0.0162	<u>0.0135</u>
Tiempo de Retado o "Lag" [hs]	20.5	19.5	19.5	18.5



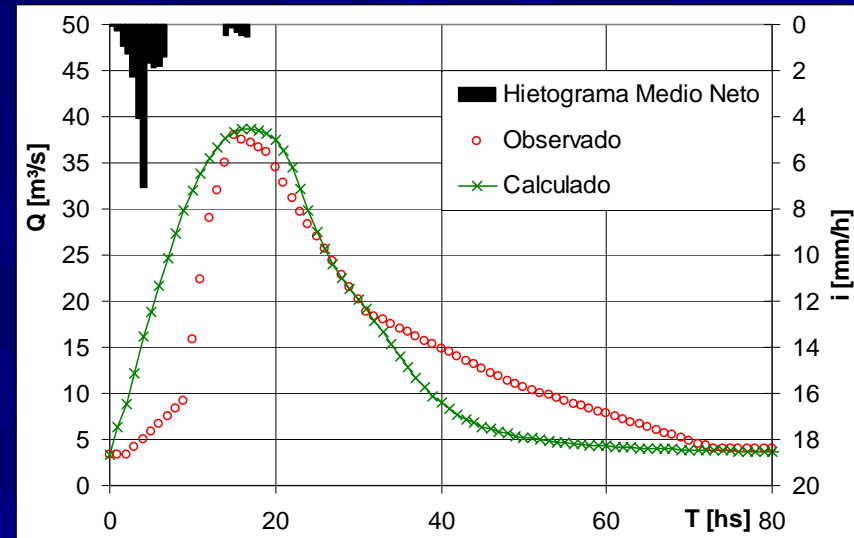


CUENCA DEL ARROYO SANTA CATALINA

CALIBRACION Y VALIDACIÓN DEL MODELO PARA TAMAÑO DE GRILLA 50 m



Evento Mayo 2002.



Evento Agosto 2002.

CALIBRACIÓN

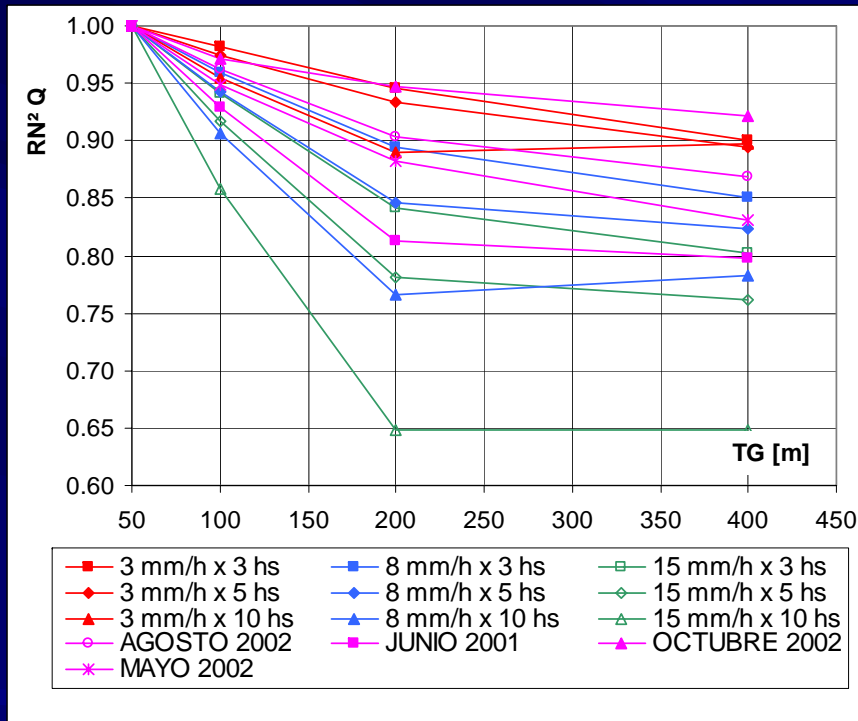
ESCALAMIENTO DE PARÁMETROS

	TG50	ESCALADO DE n_v			ESCALADO DE ITC		
		TG100 _{n_v}	TG200 _{n_v}	TG400 _{n_v}	TG100 _{ITC}	TG200 _{ITC}	TG400 _{ITC}
n_v (s/m ^{1/3})	0.110	0.205	0.370	0.550	0.110	0.110	0.110
ITC	0.20	0.20	0.20	0.20	0.085	0.038	0.019
Almac. de Equil [mm]	19.9	20.0	19.7	19.0	19.7	19.5	19.0
RN ² Hidrograma en S	-	0.98	0.97	0.96	0.99	0.98	0.97

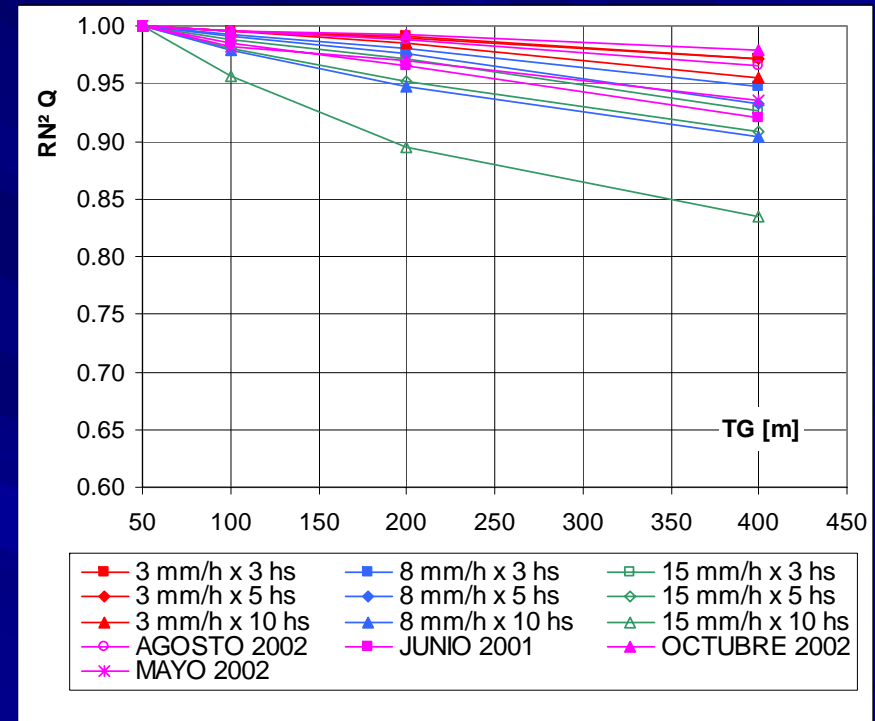


CUENCA DEL ARROYO SANTA CATALINA SIMILITUD EN TÉRMINOS DE CAUDALES MÁXIMOS

ESCALAMIENTO DE n_v



ESCALAMIENTO DE ITC



Coeficiente de Nash-Sutcliffe (1970)

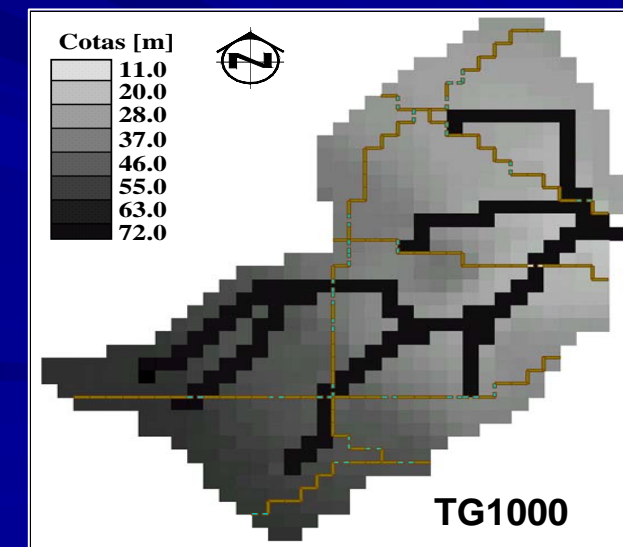
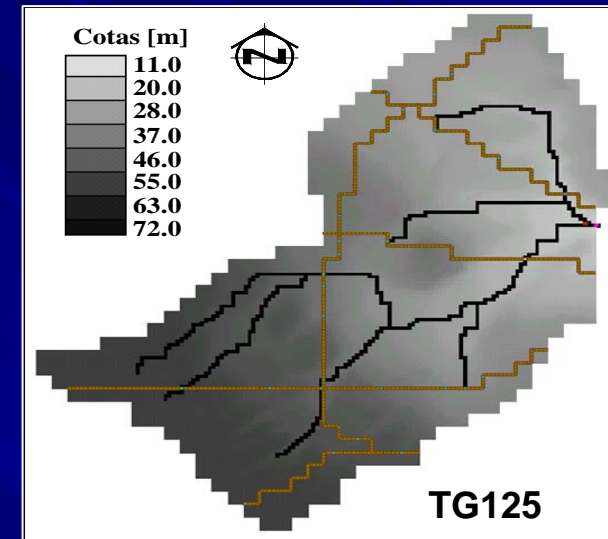
$$R^2_X = \frac{\sum_{i=1}^N (D_{detalle_i} - \bar{D}_{detalle_i})^2 - \sum_{i=1}^N (D_{detalle_i} - D_{agregado_i})^2}{\sum_{i=1}^N (D_{detalle_i} - \bar{D}_{detalle_i})^2}$$



CUENCA DEL ARROYO LUDUEÑA

CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

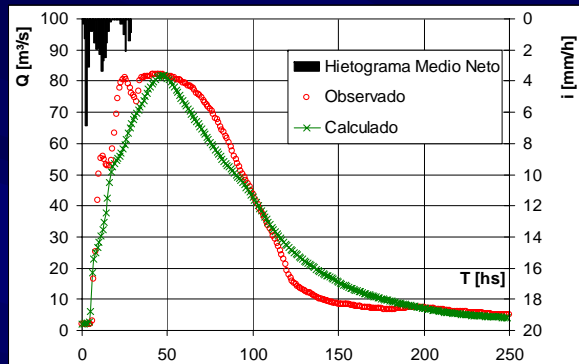
Característica	TG125	TG250	TG500	TG1000
Área [Km ²]	<u>700</u>	700	700	<u>700</u>
Celdas	44800	11200	2800	700
Vinculaciones	88985	22092	5446	1317
Longitud total de cursos [Km]	128.6	126.5	124.5	122.0
Densidad de Drenaje [Km/Km ²]	0.184	0.181	0.178	0.174
Pendiente media sobre curso principal [m/Km]	<u>1.15</u>	1.15	1.15	<u>1.15</u>
Z máxima – Z mínima [m]	55.3	55.1	54.0	53.5
Índice de Rugosidad	10.2	10.0	9.6	9.3
Cap. de almac. en cursos por unidad de long [m ³ /m]	10.1	10.2	10.2	10.1
Promedio de Pendientes Locales [m/m]	<u>0.00244</u>	0.00239	0.00227	<u>0.00213</u>
Tiempo de Retado o "Lag" [hs]	57.6	57.9	57.9	57.4



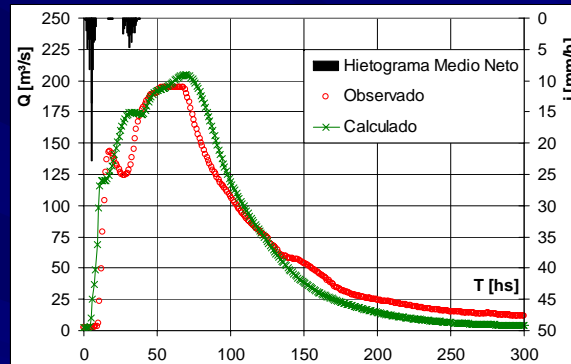


CUENCA DEL ARROYO LUDUEÑA

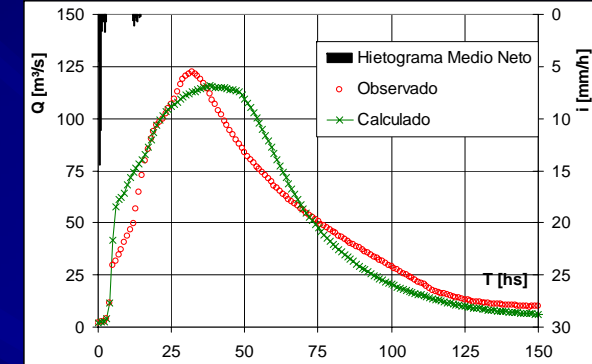
CALIBRACION Y VALIDACIÓN DEL MODELO PARA TAMAÑO DE GRILLA 125 m



Evento 17/03/94.



Evento 03/04/94.



Evento 01/05/94

CALIBRACIÓN

ESCALAMIENTO DE PARÁMETROS

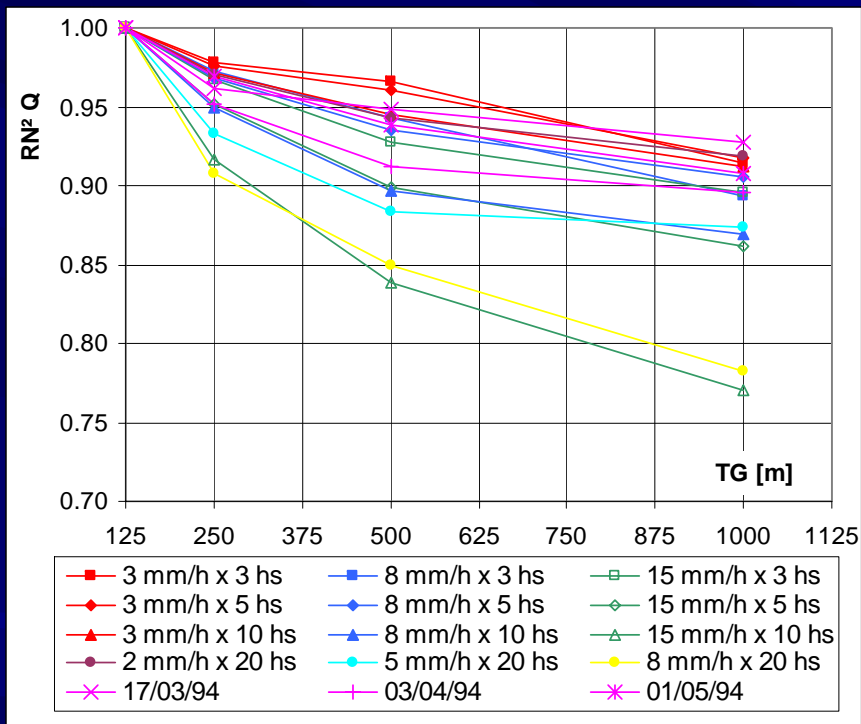
	TG125	ESCALADO DE n_v			ESCALADO DE ITC		
		TG250 _{n_v}	TG500 _{n_v}	TG1000 _{n_v}	TG250 _{ITC}	TG500 _{ITC}	TG1000 _{ITC}
n_v [s/m ^{1/3}]	0.120	0.140	0.200	0.275	0.120	0.120	0.120
ITC	0.025	0.025	0.025	0.025	0.019	0.011	0.009
Almac. de Equil [mm]	26.0	25.9	26.1	26.1	25.9	26.0	25.9
RN ² hidrograma en S	-	0.99	0.987	0.975	0.991	0.986	0.977



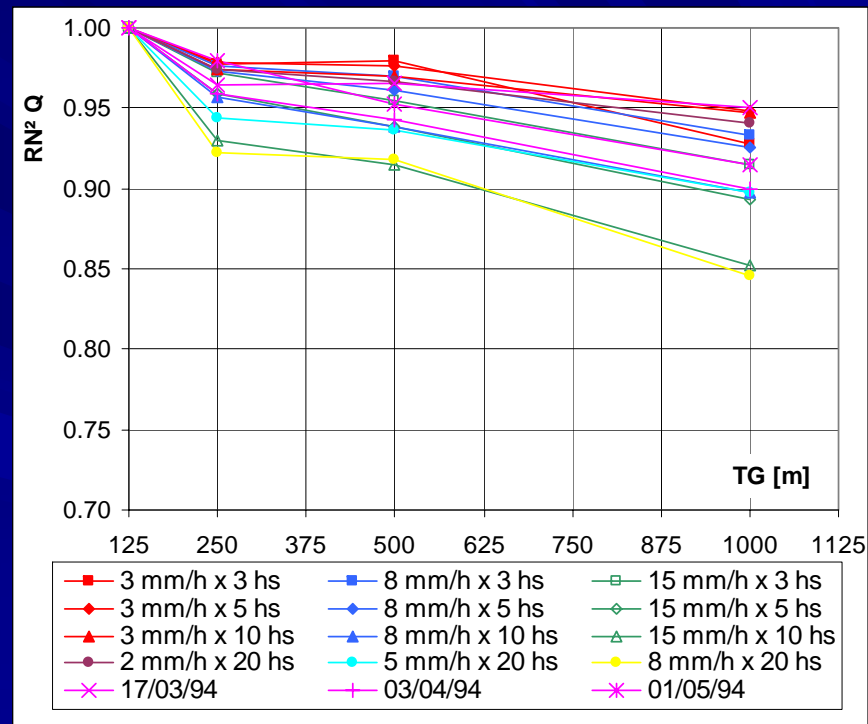
CUENCA DEL ARROYO LUDUEÑA

SIMILITUD EN TÉRMINOS DE CAUDALES MÁXIMOS

ESCALAMIENTO DE n_v



ESCALAMIENTO DE ITC

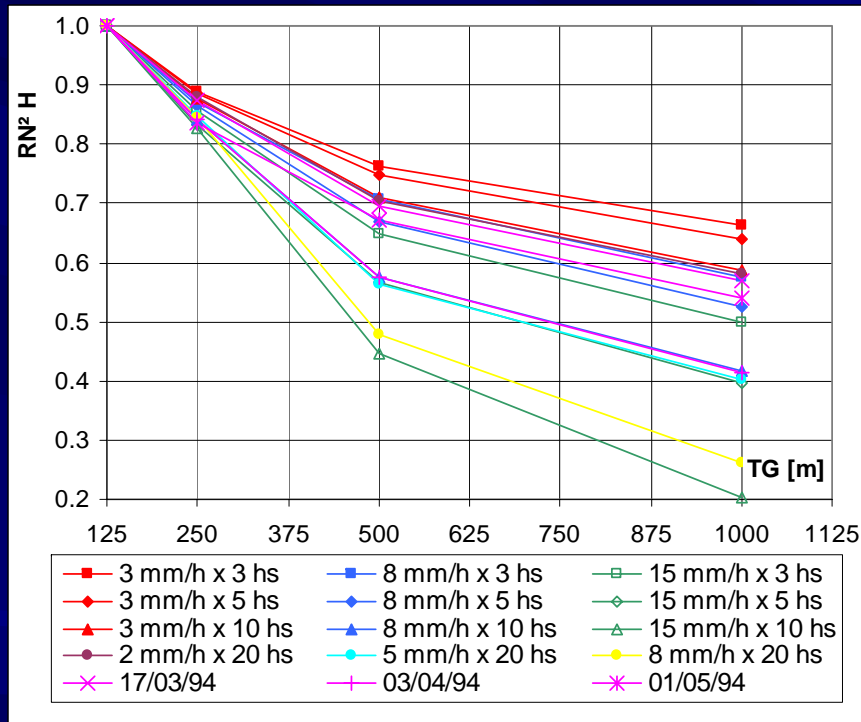




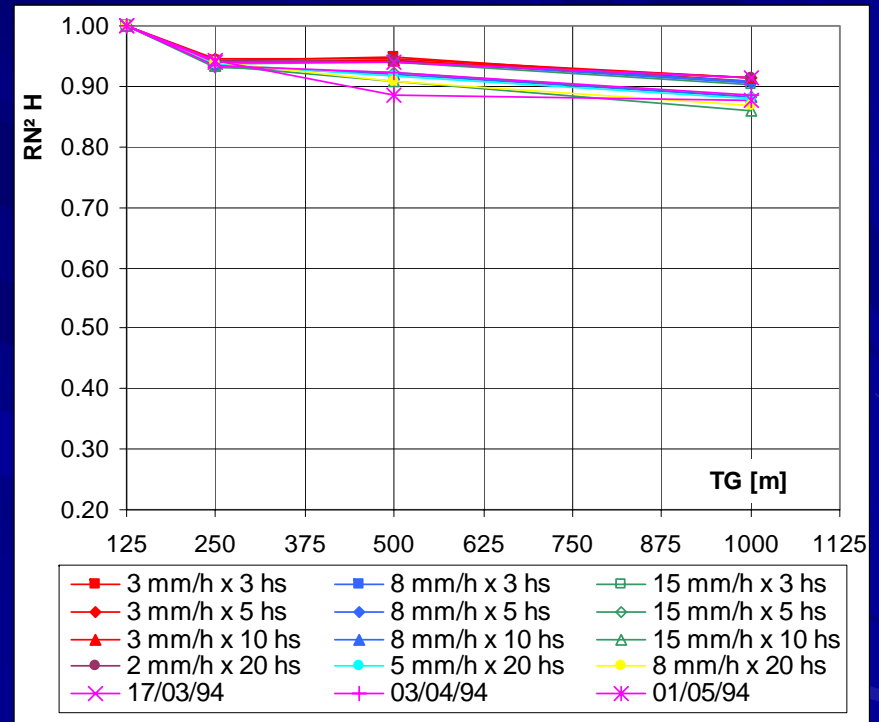
CUENCA DEL ARROYO LUDUEÑA

SIMILITUD EN TÉRMINOS DE ALTURAS MAXIMAS

ESCALAMIENTO DE n_v



ESCALAMIENTO DE ITC

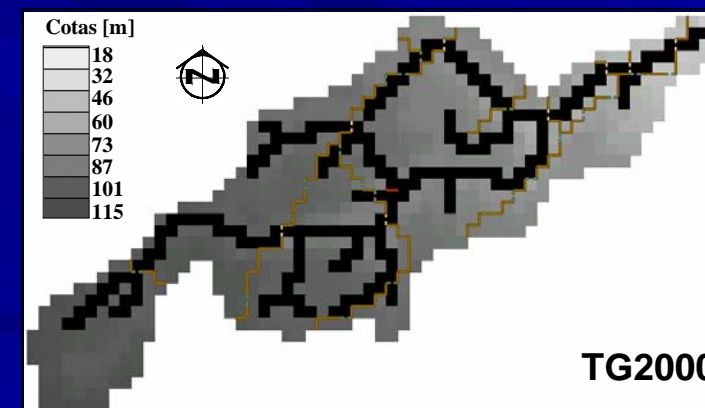
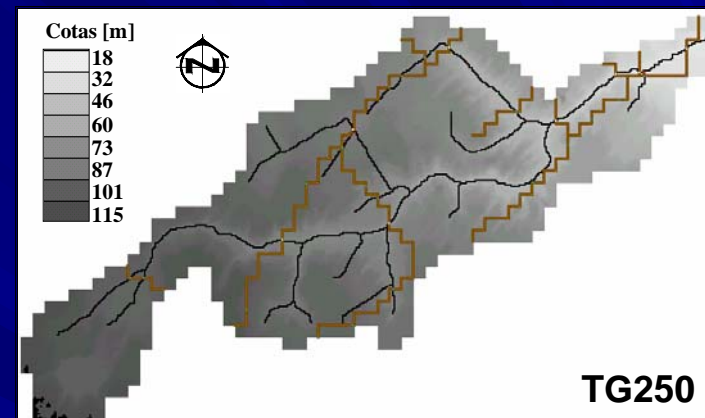




CUENCA DEL ARROYO SALADILLO

CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

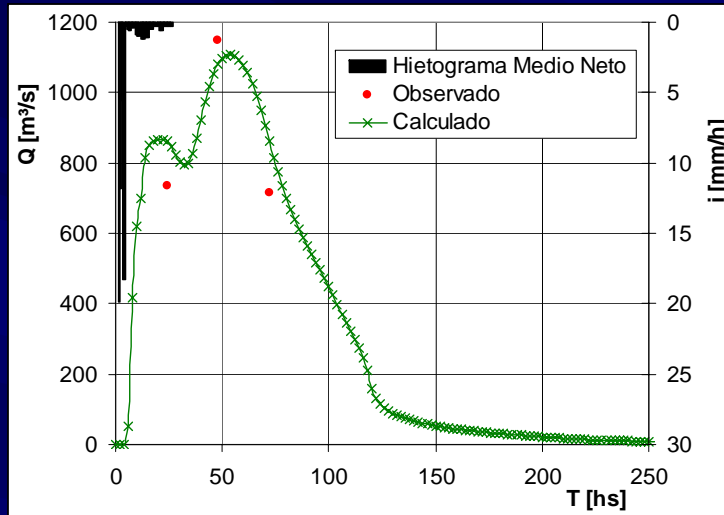
Característica	TG250	TG500	TG1000	TG2000
Área [Km ²]	<u>3128</u>	3128	3128	<u>3128</u>
Celdas	50048	12512	3128	782
Vinculaciones	99225	24589	6039	1456
Longitud total de cursos [Km]	445.5	437.0	424.0	406.0
Densidad de Drenaje [Km/Km ²]	0.142	0.140	0.136	0.130
Pendiente Curso principal [m/Km]	<u>0.547</u>	0.561	0.575	<u>0.577</u>
Z máxima – Z mínimo [m]	97.6	95.5	94.8	94.1
Índice de Rugosidad	13.9	13.3	12.8	12.2
Cap. de almac. en cursos por unidad de long [m ³ /m]	45.1	45.4	45.8	45.8
Promedio de Pend. Locales [m/m]	<u>0.00342</u>	0.00328	0.00295	<u>0.00235</u>
Tiempo de Retado o "Lag" [hs]	71.2	71.6	72.1	74.4



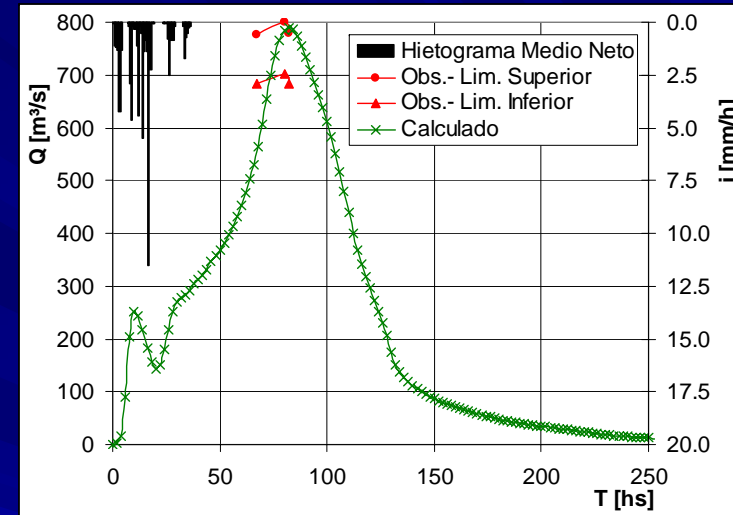


CUENCA DEL ARROYO SALADILLO

CALIBRACION Y VALIDACIÓN DEL MODELO PARA TAMAÑO DE GRILLA 250 m



Evento Abril 1986.

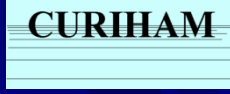


Evento Marzo 2007.

CALIBRACIÓN

ESCALAMIENTO DE PARÁMETROS

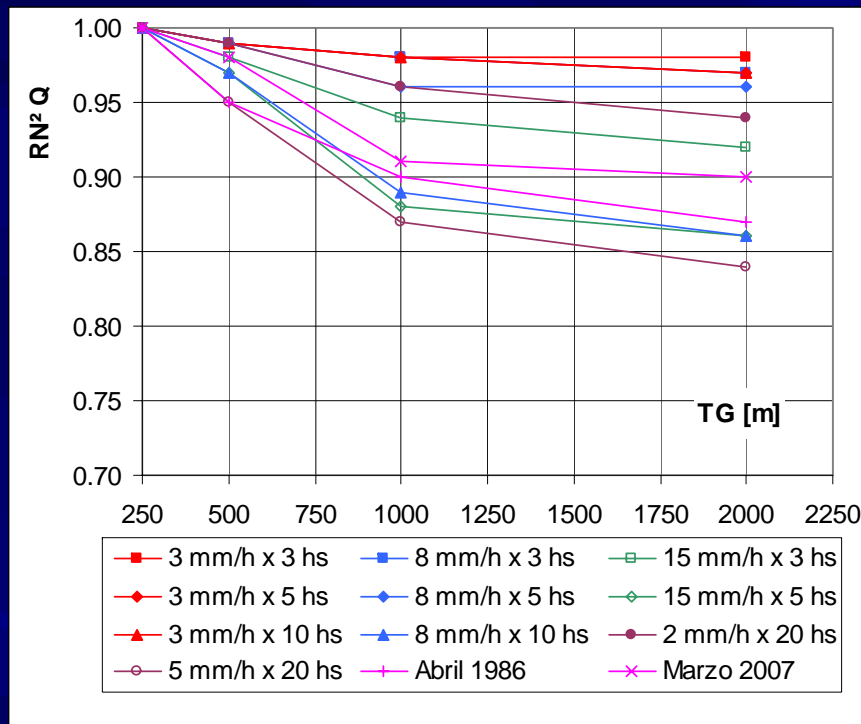
	TG250	ESCALADO DE n_v			ESCALADO DE ITC		
		TG500 _{n_v}	TG1000 _{n_v}	TG2000 _{n_v}	TG500 _{ITC}	TG1000 _{ITC}	TG2000 _{ITC}
n_v [$s/m^{1/3}$]	0.100	0.115	0.130	0.175	0.100	0.100	0.100
ITC	0.025	0.025	0.025	0.025	0.021	0.019	0.016
Almac. de Equil [mm]	51.5	50.7	50.8	52.2	50.9	50.8	52.3
RN ² Hidrograma en S	-	0.99	0.98	0.97	0.99	0.98	0.97



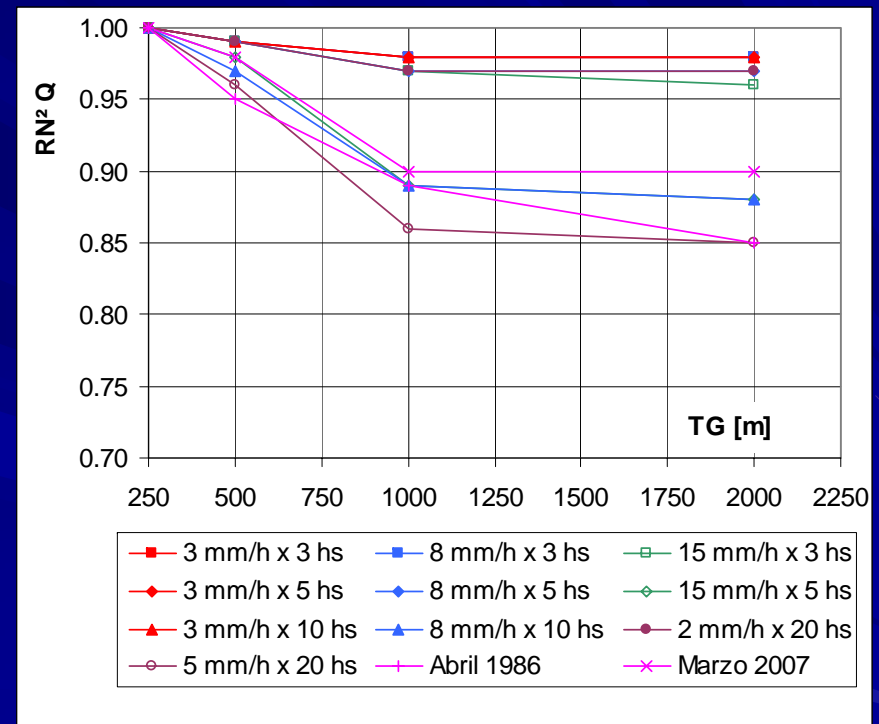
CUENCA DEL ARROYO SALADILLO

SIMILITUD EN TÉRMINOS DE CAUDALES MÁXIMOS

ESCALAMIENTO DE n_v



ESCALAMIENTO DE ITC

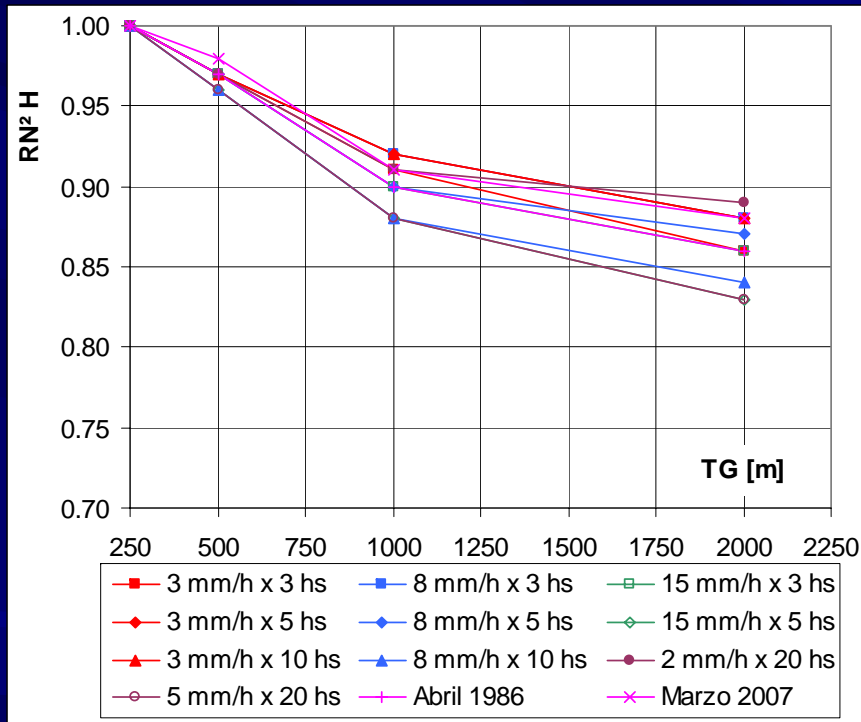




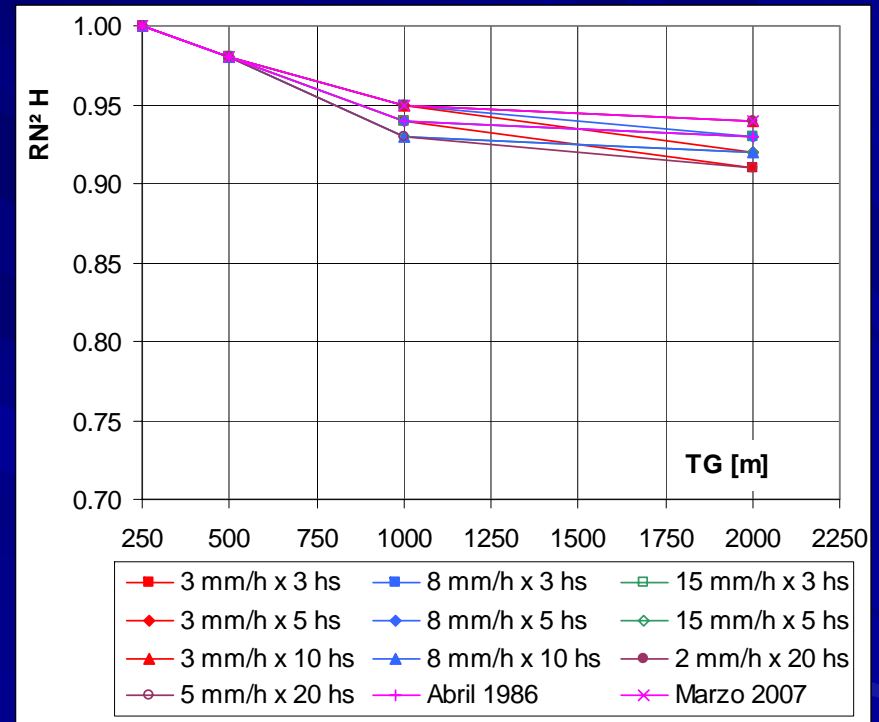
CUENCA DEL ARROYO SALADILLO

SIMILITUD EN TÉRMINOS DE ALTURAS MAXIMAS

ESCALAMIENTO DE n_v



ESCALAMIENTO DE ITC

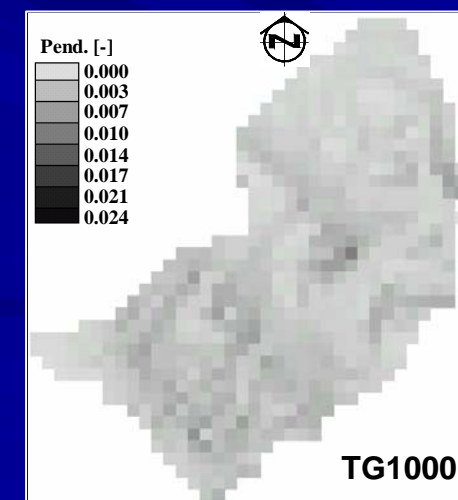
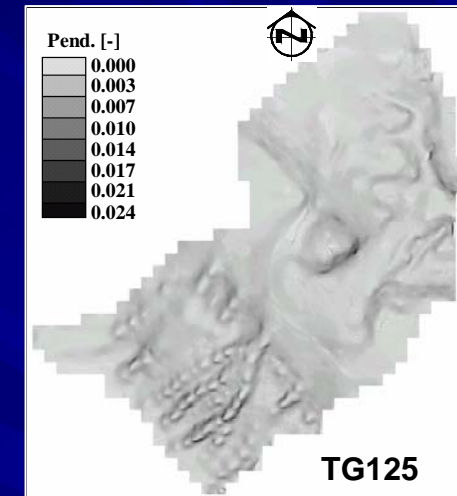




DISCUSIÓN Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

EFECTO DEL TAMAÑO DE GRILLA EN CARACTERÍSTICAS DEL RELIEVE

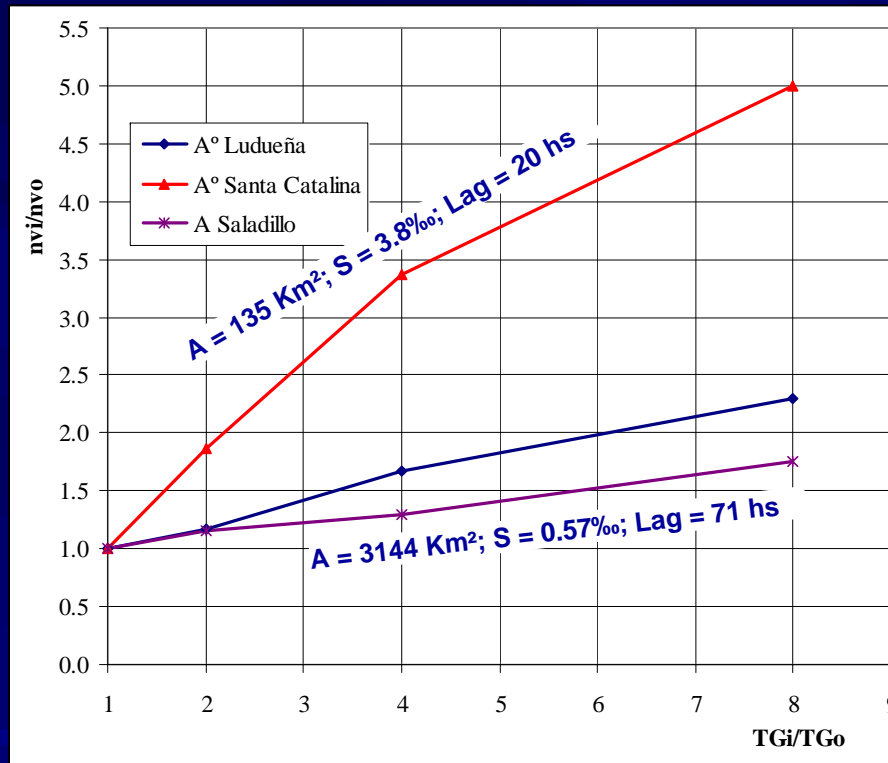
	A° Santa Catalina	A° Ludueña	A° Saladillo
Área [Km ²]	0 %	0 %	0 %
Longitud total de cursos [Km]	-4.3 %	-5.1 %	-8.9 %
Densidad de Drenaje [Km/Km ²]	-4.3 %	-5.4 %	-8.5 %
Pendiente media sobre curso principal [m/Km]	-1.2 %	0 %	+5.5 %
Cota máxima	- 1.6 %	- 1.3 %	- 0.4 %
Cota mínima	+ 0.1 %	+ 5.7 %	+ 16.6 %
Índice de rugosidad	-7.4 %	-8.8 %	-12.2 %
Promedio de pendientes locales	- 26.6 %	- 12.7 %	-31.3 %



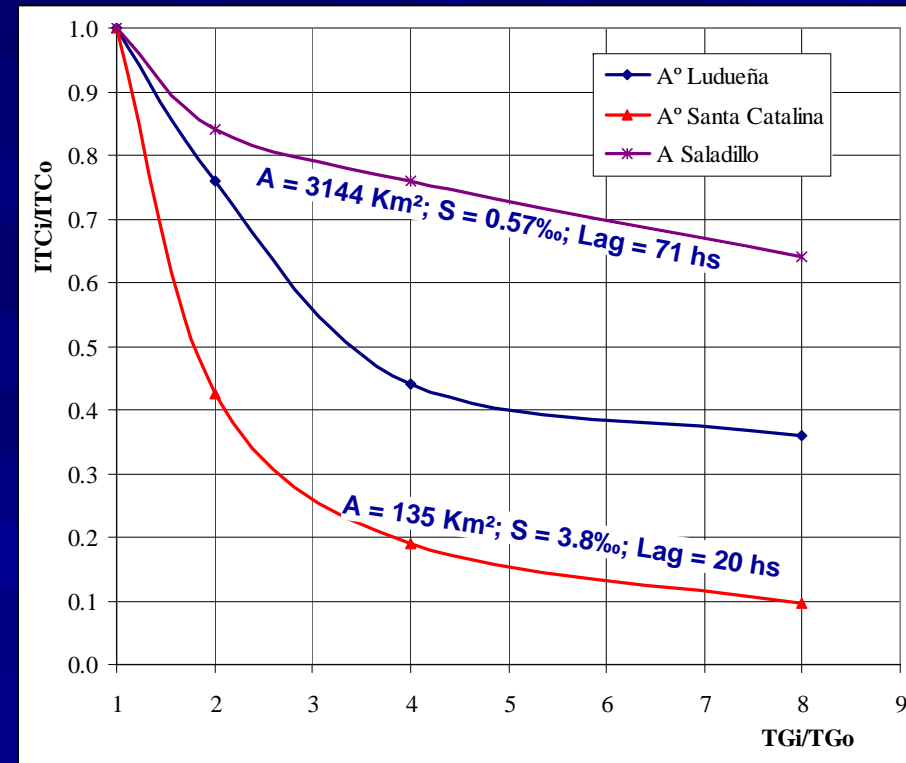


DISCUSIÓN Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

RELACION ADIMENSIONAL MEDIANTE EL ESCALAMIENTO DE n_v



RELACION ADIMENSIONAL MEDIANTE EL ESCALAMIENTO DE ITC



- SE ENGLOBALAN EFECTOS DE AGREGACIÓN Y DE LA DINÁMICA PROPAGATORIA DE CADA CUENCA
- RANGO DE VARIACION DE VALORES n_{vio} TG.
- RANGO DE CARACTERISTICAS DE LAS CUENCAS ANALIZADAS.

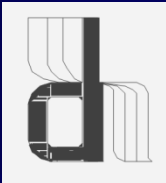


CONCLUSIONES

- ✓ *Características del relieve* → **representación más atenuada**
- ✓ *La conservación del almacenamiento de equilibrio y la forma del hidrograma en “S”* → **método adecuado** como para plantear escalamiento de parámetros.
- ✓ *En las cuencas estudiadas, con el modelo implementado, para obtener similitud:*
 - **Incrementar el coeficiente de rugosidad para flujo superficial en valle**
 - **Reducir la pendiente transversal en celda**
- ✓ *Escalamiento de ITC* → **a) mejores resultados en caudales máximos y alturas de agua en celdas y b) preserva el significado de nv..**
- ✓ *Importancia de la reproducción de alturas de agua en celdas* → **adecuada representación de procesos acoplados como erosión-sedimentación y transporte de contaminantes.**
- ✓ *Parametrización a nivel de celda* de los efectos de la morfología del relieve → **representación más realista del proceso de escurrimiento superficial.**

La caracterización de la variabilidad de la morfología y de procesos dentro de la celda es de suma importancia en el modelado hidrológico distribuido basado físicamente para reproducir variables de flujo tales como alturas de agua y velocidades.

El escalamiento de dicha caracterización a nivel de celda es eficiente a la hora de obtener similitud hidrológica entre esquemas con diferentes niveles de detalle.



DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA, ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO UNIVERSITARIO ROSARIO DE INVESTIGACIONES HIDROAMBIENTALES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO.



MUCHAS GRACIAS

RELACIONES DE ESCALAMIENTO DE PARÁMETROS PARA DIFERENTES NIVELES DE
DISCRETIZACIÓN ESPACIAL EN LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DISTRIBUIDA DEL
ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN CUENCAS DE LLANURA

Hernán Stenta ⁽¹⁾, Gerardo Riccardi ⁽²⁾ y Pedro Basile⁽¹⁾

(1) Departamento de Hidráulica y CURIHAM. FCEIyA. U. N. R.

(2) CIUNR. Departamento de Hidráulica y CURIHAM. FCEIyA. U. N. R.

Riobamba 245 bis (2000) Rosario, Argentina

Telefax: +54+341-4808541 – e-mail: hstenta@fceia.unr.edu.ar



CONGRESO NACIONAL DEL AGUA – Resistencia (Chaco)
Junio 2011