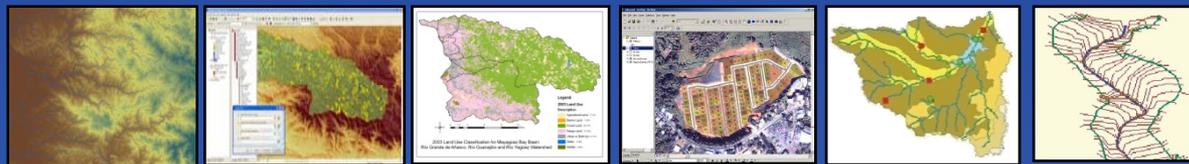


# APLICACIONES DE SIG PARA ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

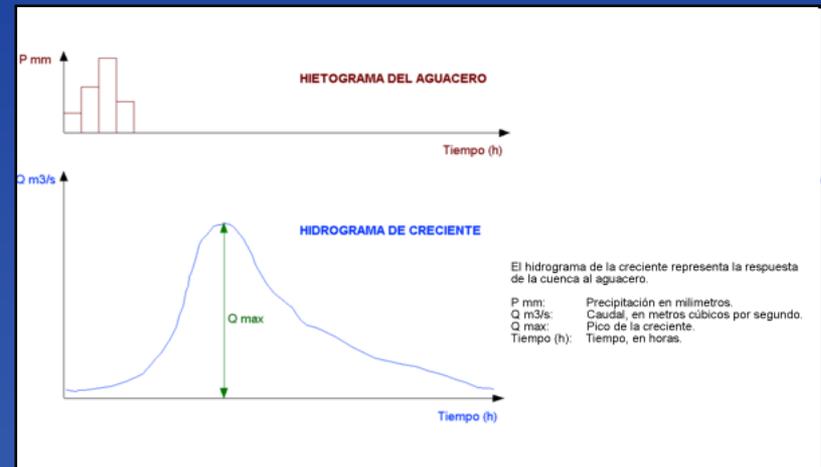


Roy Ruiz Vélez  
Auxiliar de Investigaciones  
PRWRERI-UPRM



# Introducción

- Un estudio hidrológico tiene el objetivo de conocer los caudales máximos alcanzados en un punto de un río para uno o varios eventos de lluvia.
- Algunas variables hidrológicas son:
  - largo de la cuenca ( $l$ )
  - área de captación
  - pendiente promedio ( $Y$ )
  - número de curva (CN)
  - potencial de retención ( $S$ )
  - tiempo de retardo ( $T_{lag}$ )
  - tiempo de concentración ( $T_c$ )
- Hasta hace unos años estas variables se estimaban manualmente utilizando los cuadrángulos topográficos haciendo el proceso largo, tedioso y menos preciso.

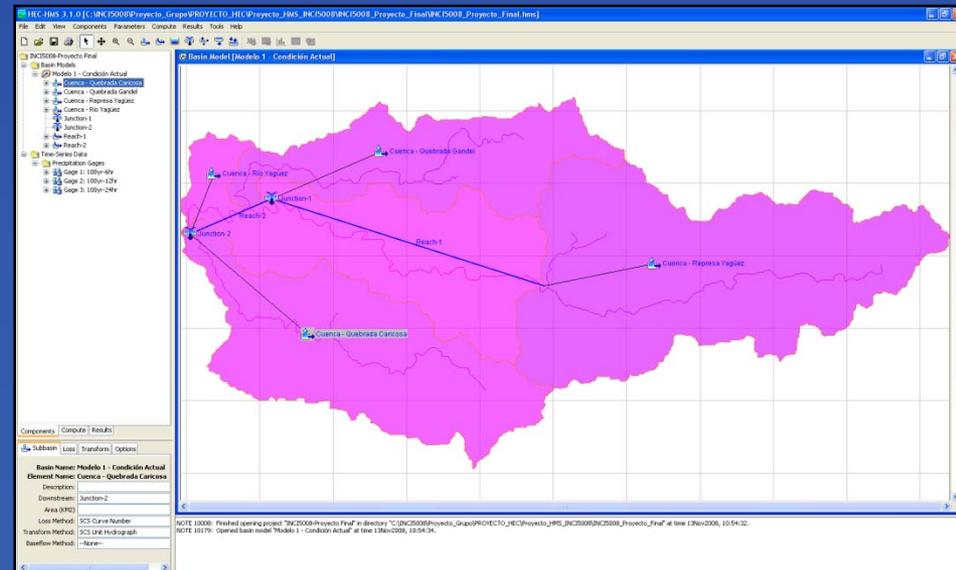


# Introducción

- Los SIG ofrecen herramientas mucho mas precisas y rápidas con las cuales se estiman estas variables hidrológicas de forma automática.
- ArcHydro es una herramienta que analiza un modelo de elevación digital y permite estimar todas estas variables aumentando la efectividad y la precisión del estudio.
- El Departamento de Recursos Naturales y Ambiental de Puerto Rico trabaja en la preparación de una guía técnica para la preparación de estudios hidrológicos en Puerto Rico en la cual incluye una sección acerca de estas aplicaciones de SIG y ArcHydro.
- El Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS por sus siglas en inglés, antes SCS) provee un método para la estimación de estos parámetros para cuencas pequeñas y urbanizadas.

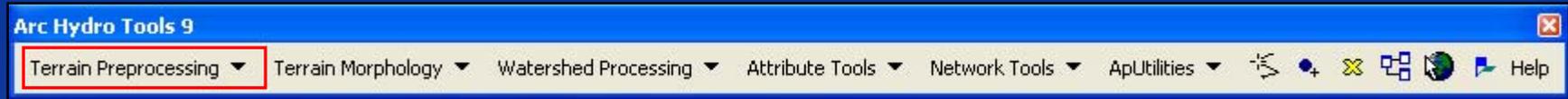
# Introducción

- Este método se explica en el Technical Release 55 (TR-55).
- El TR-55 explica las ecuaciones y los datos necesarios para calcular todas estas variables hidrológicas necesarias para montar un modelo hidrológico y poder realizar el estudio.
- El modelo más utilizado por los profesionales de la hidrología es el Hydrology Modeling System (HEC-HMS), desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.

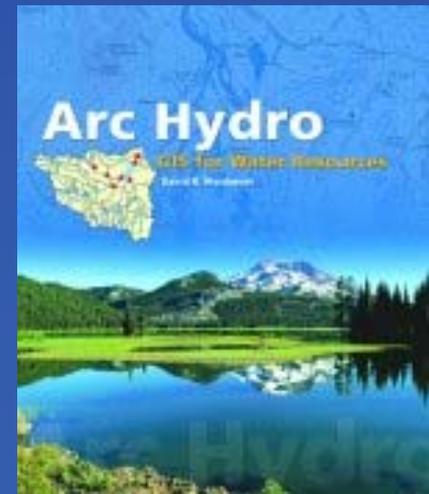


# The ArcHydro Data Model

- ArcHydro es un modelo de datos geoespacial y temporal para las aplicaciones de recursos de agua que opera en ArcGIS y prepara los datos para simulaciones hidrológicas.
- Desarrollado por el Centro de Investigaciones en Recursos de Agua (CRWR) de la Universidad de Texas, Austin.
- Corre sobre ArcGIS y utiliza componentes de la extensión Spatial Analyst de ArcGIS.
- ArcHydro une el análisis espacial con los recursos de agua para trabajar juntos en un modelo de data geoespacial.

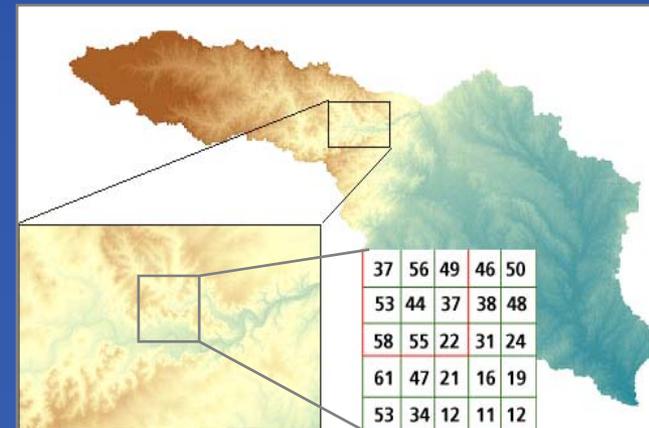


# ARCHYDRO: PROCESAMIENTO DEL DEM PARA DELINEACIÓN DE CUENCAS

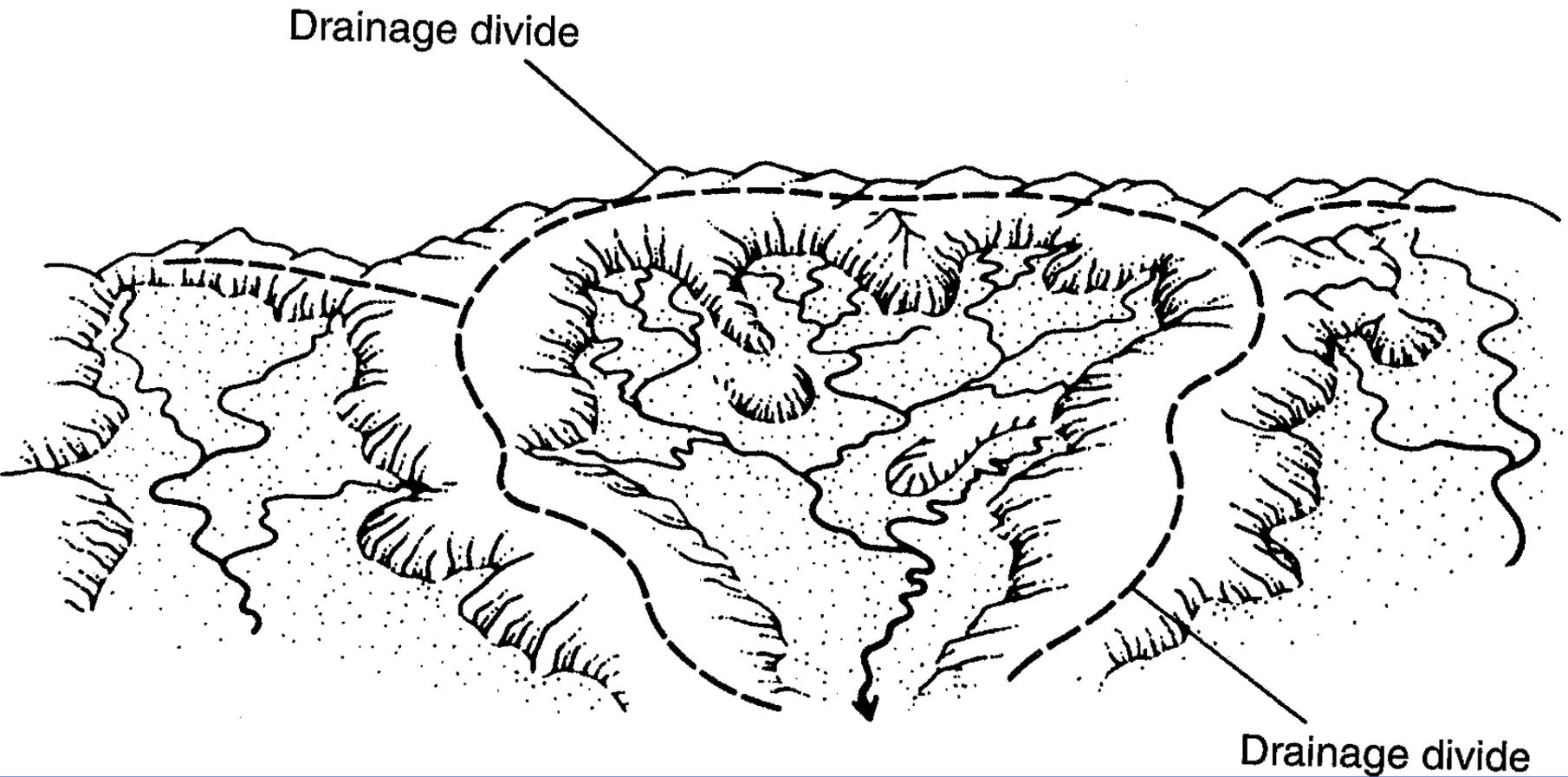


# Delineación de Cuencas

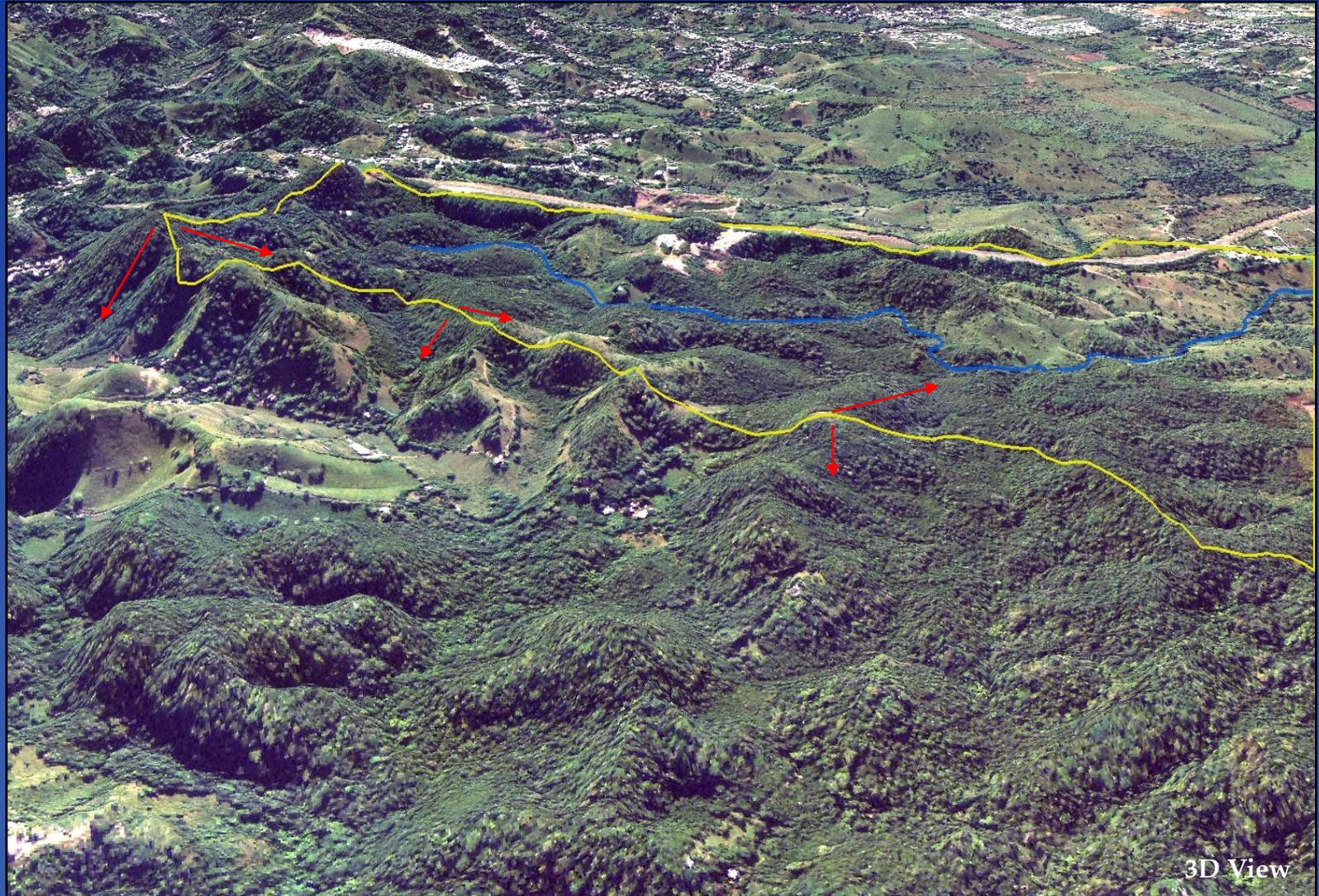
- La delineación automatizada de la cuenca se puede llevar a cabo usando un modelo digital de la superficie de la tierra (DEM).
  - Modelo de elevación digital (DEM): es una aproximación de la superficie de la tierra.
  - Es la primera herramienta de trabajo para ArcHydro.



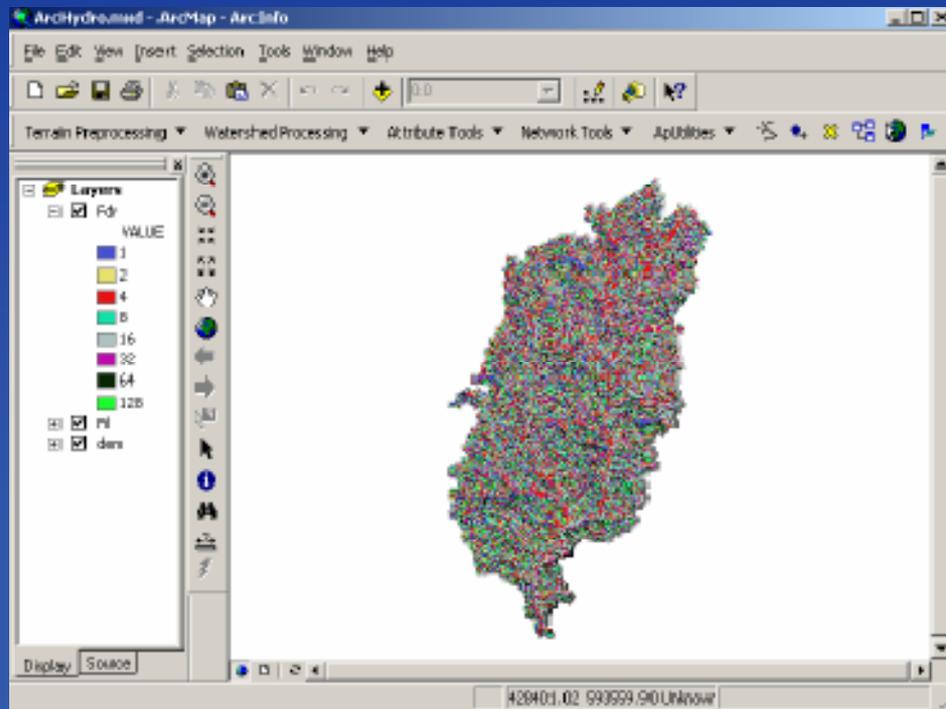
# Cuenca Hidrográfica



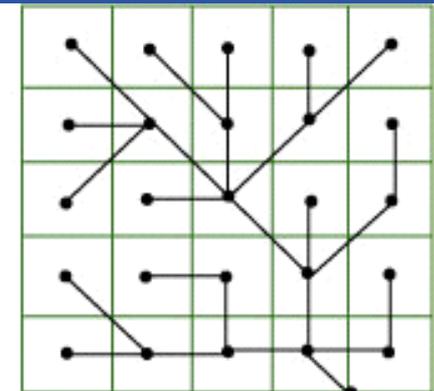
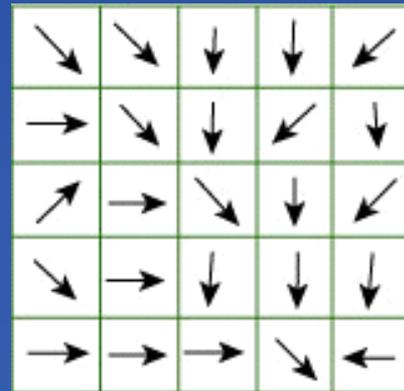
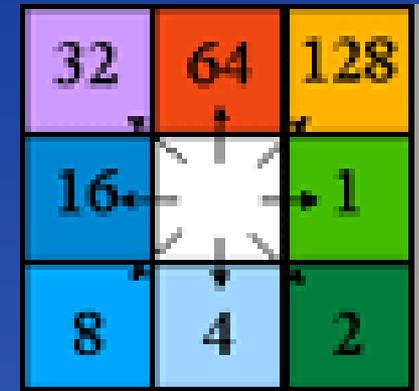
# Delineación de Cuenca Hidrográfica



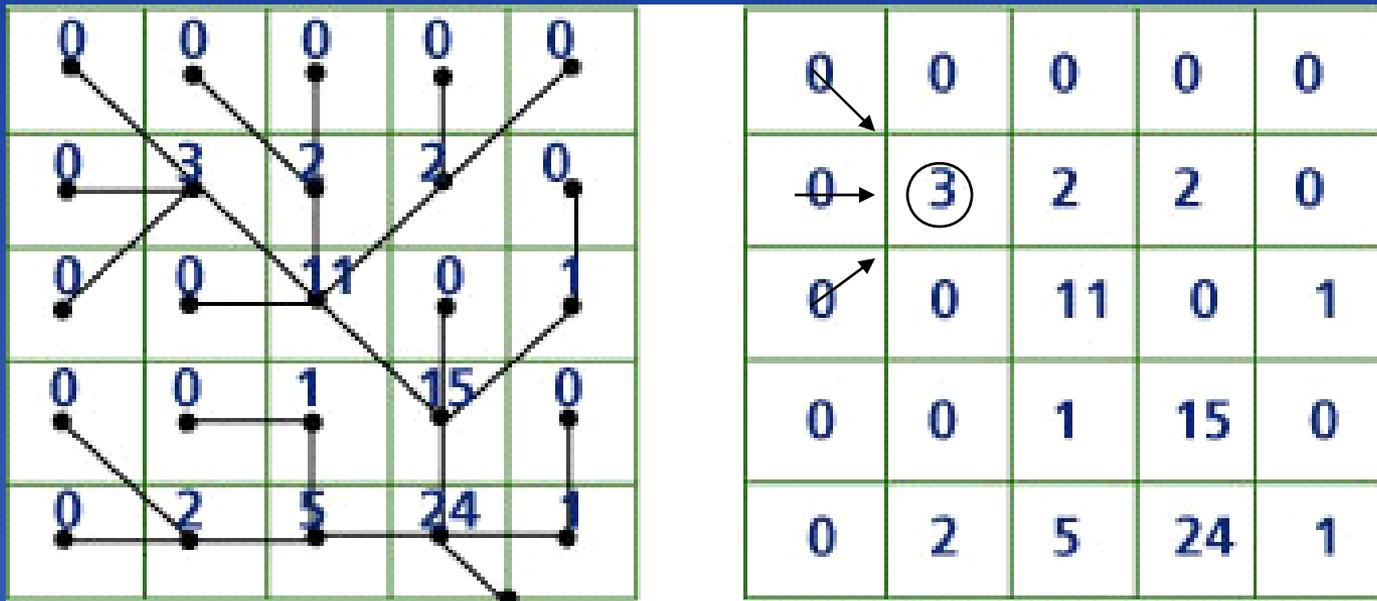
# Dirección de Flujo



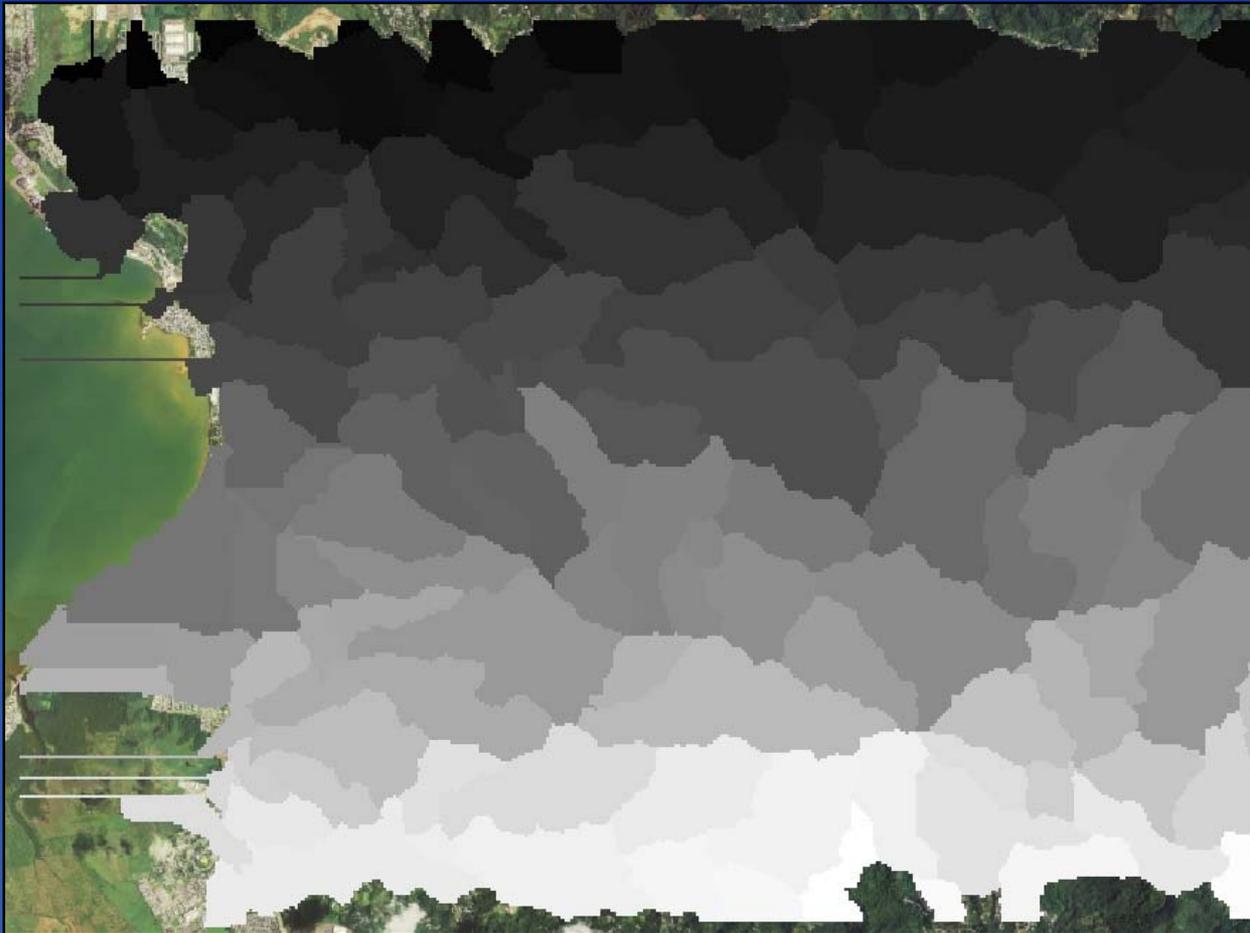
2	2	4	4	8
1	2	4	8	4
128	1	2	4	8
2	1	4	4	4
1	1	1	2	16



# Acumulación de flujo



# Agrupar las áreas de drenaje



Terrain Preprocessing ▾

- Data Management Terrain Preprocessing
- DEM Reconditioning
- Build Walls
- Fill Sinks
- Flow Direction
- Flow Accumulation
- Stream Definition
- Stream Segmentation
- Catchment Grid Delineation**
- Catchment Polygon Processing
- Drainage Line Processing
- Adjoint Catchment Processing
- Drainage Point Processing
- Longest Flow Path for Catchments
- Longest Flow Path for Adjoint Catchments
- Slope
- Slope greater than 30
- Slope greater than 30 and facing North
- Weighted Flow Accumulation

**Catchment Grid Delineation** [X]

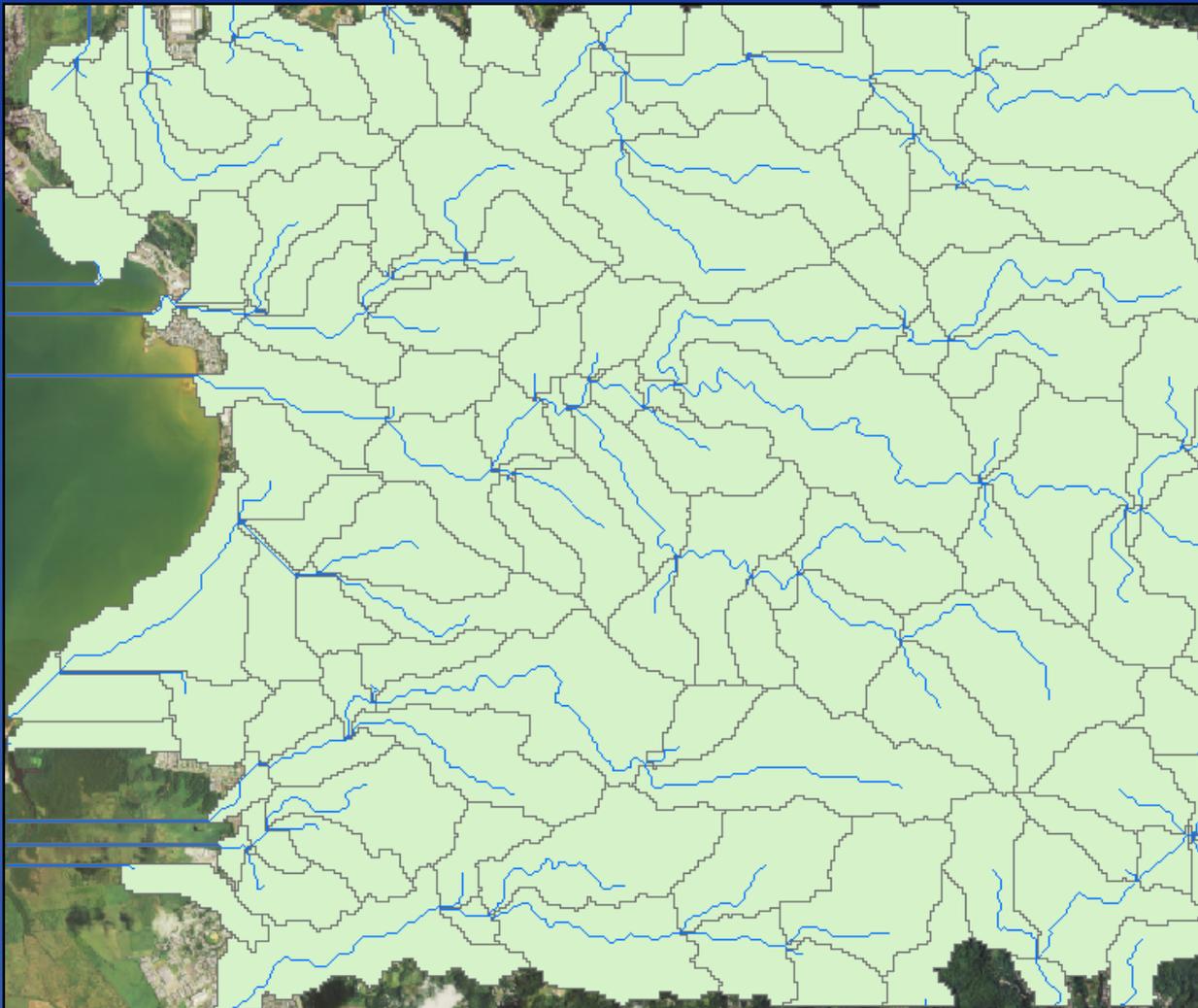
Flow Direction Grid:  ▾

Link Grid:  ▾

Catchment Grid:

OK Help Cancel

# Líneas y polígonos de drenaje



Terrain Preprocessing ▾

- Data Management: Terrain Preprocessing
- DEM Reconditioning
- Build Walls
- Fill Sinks
- Flow Direction
- Flow Accumulation
- Stream Definition
- Stream Segmentation
- Catchment Grid Delineation
- Catchment: Polygon Processing
- Drainage Line Processing**
- Adjoint Catchment Processing
- Drainage Point Processing
- Longest Flow Path for Catchments
- Longest Flow Path for Adjoint Catchments
- Slope
- Slope greater than 30
- Slope greater than 30 and facing North
- Weighted Flow Accumulation

**Drainage Line Processing** [X]

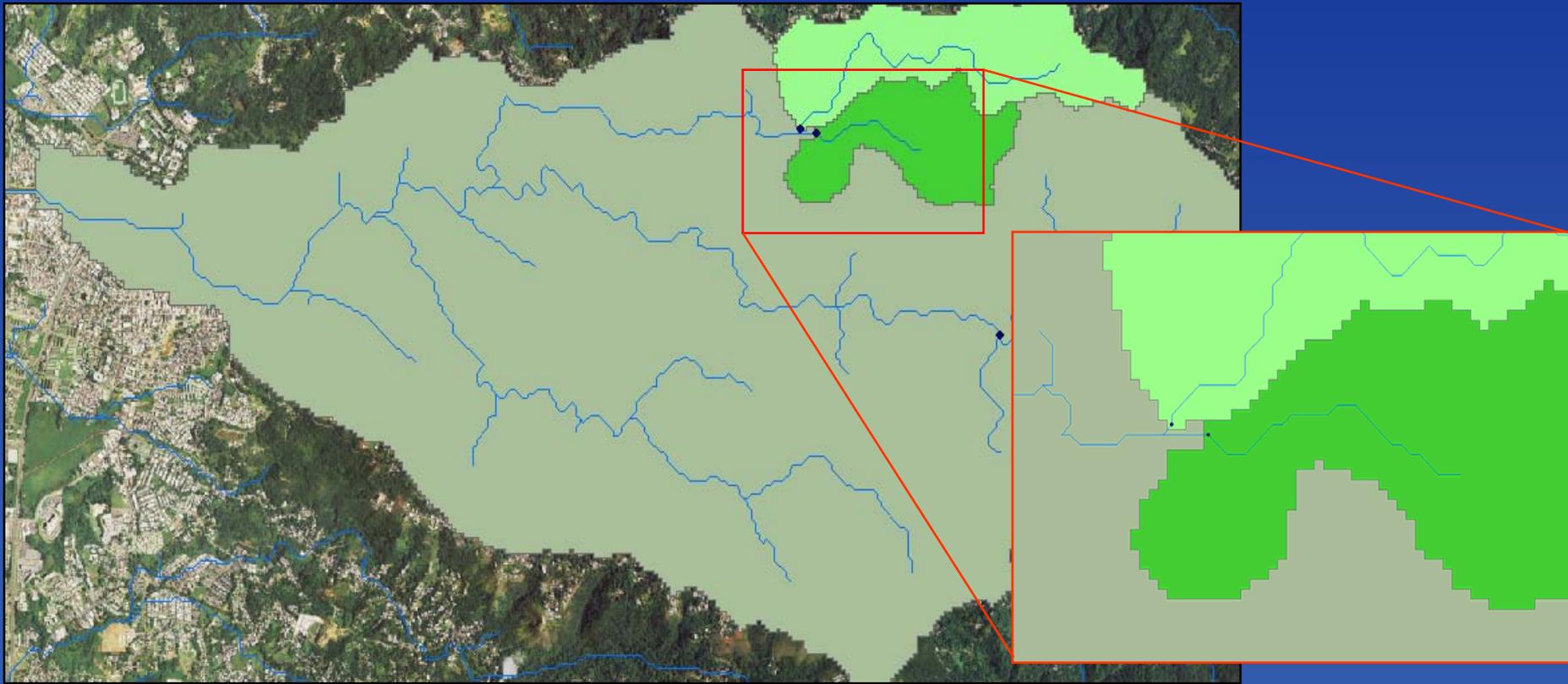
Link Grid:

Flow Direction Grid:

Drainage Line:

[OK] [Help] [Cancel]

# Delineación de la cuenca



# Variables obtenidas

- Hasta este punto ya tenemos:
  - forma, tamaño y área de la cuenca,
  - descripción de los canales de flujo,
  - el canal principal, largo del canal principal y las subcuencas.
  - También puedes determinar el centroide de la cuenca y el largo al centroide (Lc) y el largo de la cuenca (l) o el "longest flow path".
- Utilizando Spatial Analyst:
  - Calculamos la pendiente (%)
  - Calculamos la pendiente promedio

# Variables obtenidas

$$T_{lag} = \frac{l^{0.8} (S + 1)^{0.7}}{1900Y^{0.5}}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 =$$

$$T_c = 0.6T_{lag}$$

TR-55:

$l$  = largo de la cuenca

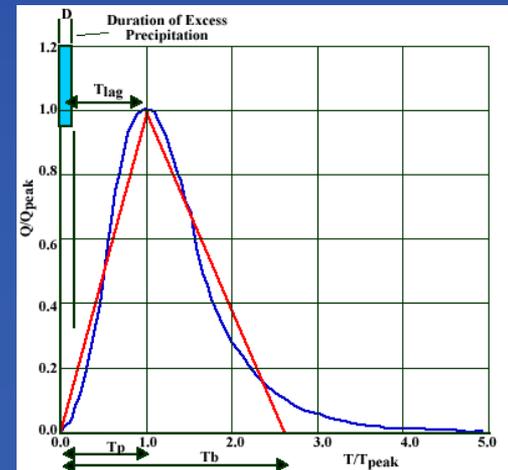
$Y$  = pendiente promedio

$CN$  = número de curva

$S$  = potencial de retención

$T_{lag}$  = tiempo de retardo

$T_c$  = tiempo de concentración



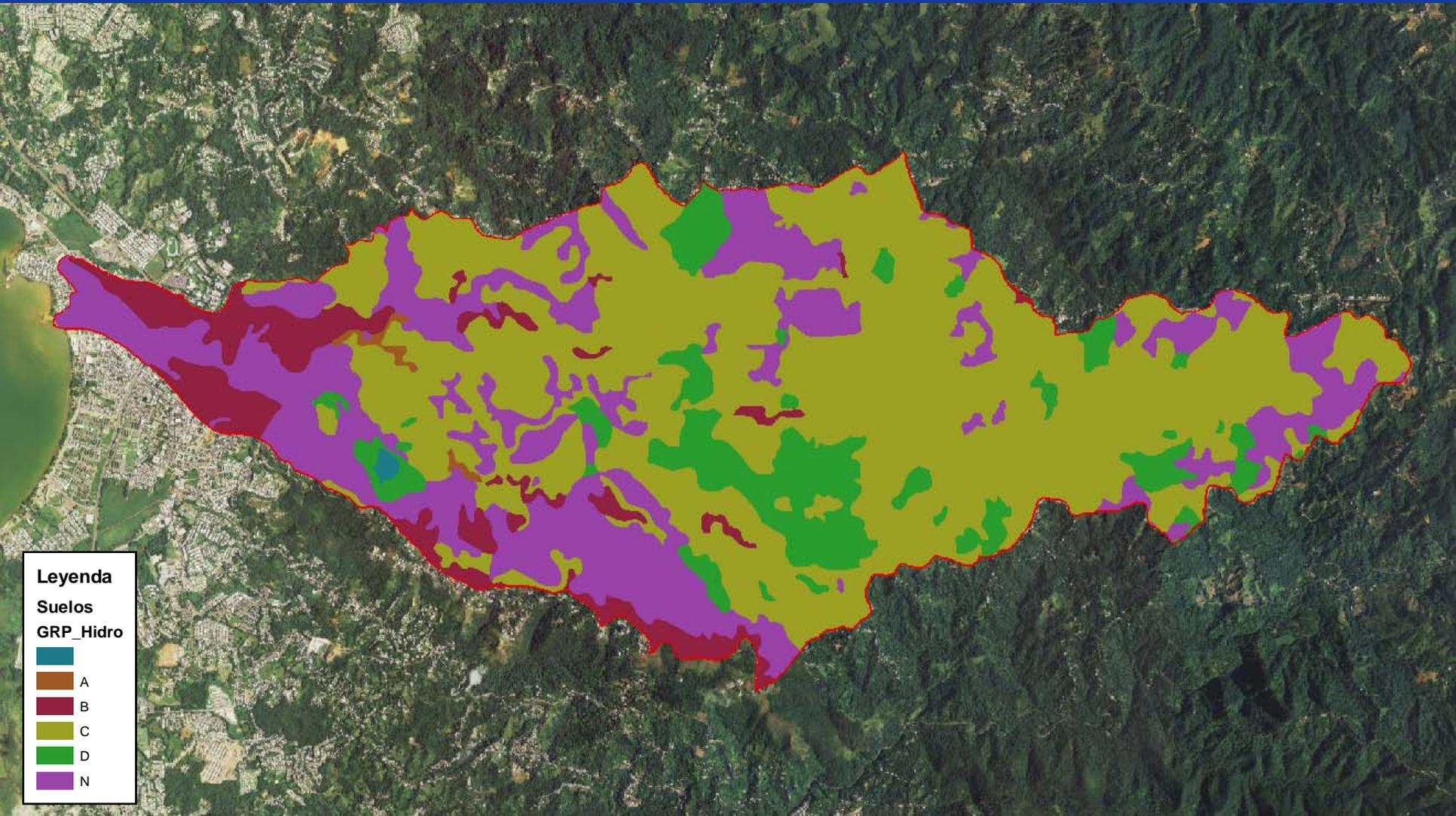
# Estimación del CN

- CN = Número de Curva. Método para calcular escorrentía del Servicio de Conservación de Suelos (SCS).
- Es un índice de escorrentía (toda el agua que no infiltra): va de 1 a 100.
  - 1- permeable
  - 100 – impermeable
- Este método relaciona el grupo hidrológico de los suelos con el uso del terreno.

# Estimación del CN: Grupo hidrológico

- Los suelos son clasificados en 4 grupos hidrológicos, de acuerdo a su razón de infiltración (in/hr):
  - A: 0.30 – 0.45 – Buena infiltración
  - B: 0.15 – 0.30 - Regular
  - C: 0.05 – 0.15 - Poca
  - D: 0 – 0.05 – Bien poca o casi ninguna

# Grupo Hidrológico



**Leyenda**

**Suelos**

**GRP\_Hidro**

	
	A
	B
	C
	D
	N

# Uso del Terreno: Lu/LC



# CN Runoff Tools

The diagram illustrates the workflow for using the CN Runoff Tools. It starts with a 'Computing Compos...' window containing a 'CN Tools' menu. Two arrows point from this menu to 'Clip' and 'Intersect' tool icons. A third arrow points from the 'Intersect' icon to the 'CN-Runoff-Volume' dialog box.

**Computing Compos...**  
CN Tools

Clip

Intersect

**CN-Runoff-Volume**

Select landsoil layer:  
landsoli

Get CN Vaule.  Get RunOff Value.

Setting Landsoil Layer  
Land\_Use Field in LandSoil Layer:  
Gen\_descri

Hydro Group Field in LandSoil Layer:  
HYD\_GRP

Setting Index.dbf  
Index.dbf  
INDEX\_CN\_TABLE  
Land\_Use Field in index.dbf:  
LANDUSE

Get RunOffVol Vaule.

Please select Area Field:  
Units  
 Cubic Meter  
 Cubic Feet

Match SubClass of Land\_Use

OK  
Cancel

Matching SubClass of Land\_Use Field in LandSoil Layer and Index Table.

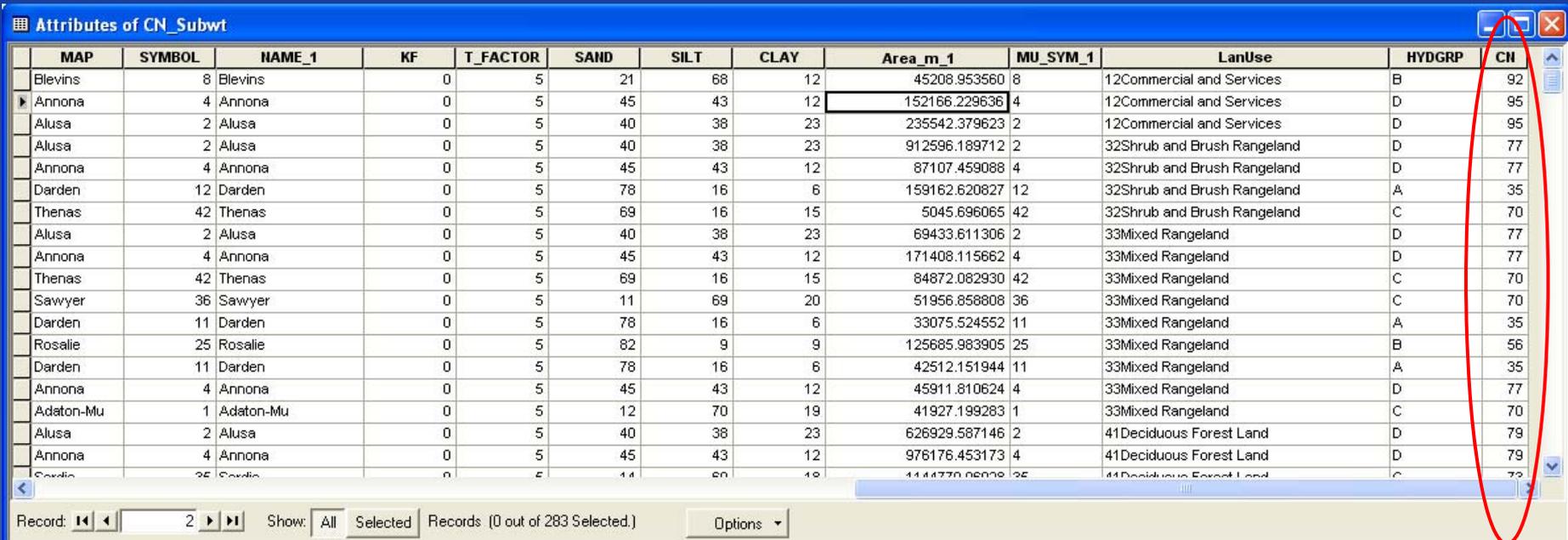
LandSoil Layer	Index Table	Matched Items
Forest Land	Woods (Good)	
Urban or Built-Up	Farmstead	
Barren Land	Rangeland (Herbaceous - Poor)	
Agricultural Land	Rangeland (Herbaceous - Fair)	
Water	Rangeland (Herbaceous - Good)	
Wetland	Rangeland (Oak-Aspen - Poor)	
	Rangeland (Oak-Aspen - Fair)	
	Rangeland (Oak-Aspen - Good)	
	Rangeland (Pinyon-Juniper - Poor)	
	Rangeland (Pinyon-Juniper - Fair)	
	Rangeland (Pinyon-Juniper - Good)	
	Rangeland (Sagebrush - Poor)	

match

Delete Item

Give Up Re-Match Finish match

# Escorrentía: Número de Curva



Attributes of CN\_Subwt

MAP	SYMBOL	NAME_1	KF	T_FACTOR	SAND	SILT	CLAY	Area_m_1	MU_SYM_1	LanUse	HYDGRP	CN
Blevins	8	Blevins	0	5	21	68	12	45208.953560	8	12Commercial and Services	B	92
▶ Annona	4	Annona	0	5	45	43	12	152166.229636	4	12Commercial and Services	D	95
Alusa	2	Alusa	0	5	40	38	23	235542.379623	2	12Commercial and Services	D	95
Alusa	2	Alusa	0	5	40	38	23	912596.189712	2	32Shrub and Brush Rangeland	D	77
Annona	4	Annona	0	5	45	43	12	87107.459088	4	32Shrub and Brush Rangeland	D	77
Darden	12	Darden	0	5	78	16	6	159162.620827	12	32Shrub and Brush Rangeland	A	35
Thenas	42	Thenas	0	5	69	16	15	5045.696065	42	32Shrub and Brush Rangeland	C	70
Alusa	2	Alusa	0	5	40	38	23	69433.611306	2	33Mixed Rangeland	D	77
Annona	4	Annona	0	5	45	43	12	171408.115662	4	33Mixed Rangeland	D	77
Thenas	42	Thenas	0	5	69	16	15	84872.082930	42	33Mixed Rangeland	C	70
Sawyer	36	Sawyer	0	5	11	69	20	51956.858808	36	33Mixed Rangeland	C	70
Darden	11	Darden	0	5	78	16	6	33075.524552	11	33Mixed Rangeland	A	35
Rosalie	25	Rosalie	0	5	82	9	9	125685.983905	25	33Mixed Rangeland	B	56
Darden	11	Darden	0	5	78	16	6	42512.151944	11	33Mixed Rangeland	A	35
Annona	4	Annona	0	5	45	43	12	45911.810624	4	33Mixed Rangeland	D	77
Adaton-Mu	1	Adaton-Mu	0	5	12	70	19	41927.199283	1	33Mixed Rangeland	C	70
Alusa	2	Alusa	0	5	40	38	23	626929.587146	2	41Deciduous Forest Land	D	79
Annona	4	Annona	0	5	45	43	12	976176.453173	4	41Deciduous Forest Land	D	79
Sordis	35	Sordis	0	5	14	60	18	444770.08029	35	41Deciduous Forest Land	C	73

Record: 2 Show: All Selected Records (0 out of 283 Selected.) Options

Se crea una nueva columna con el CN correspondiente.

# Variables obtenidas

$$T_{lag} = \frac{l^{0.8} (S + 1)^{0.7}}{1900Y^{0.5}}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 =$$

$$T_c = 0.6T_{lag}$$

TR-55:

$l$  = largo de la cuenca

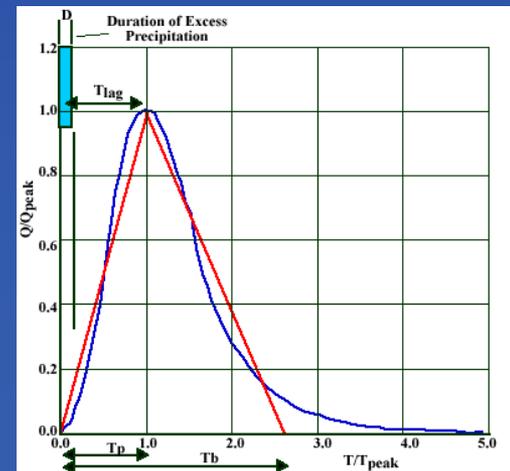
$Y$  = pendiente promedio

$CN$  = número de curva

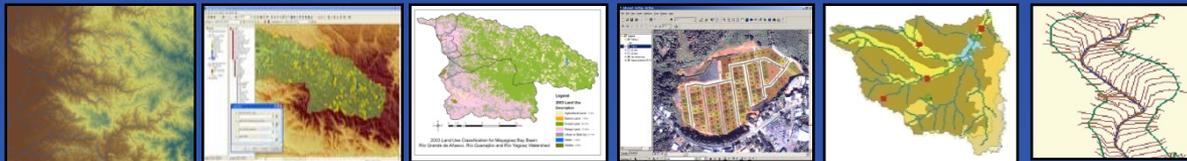
$S$  = potencial de retención

$T_{lag}$  = tiempo de retardo

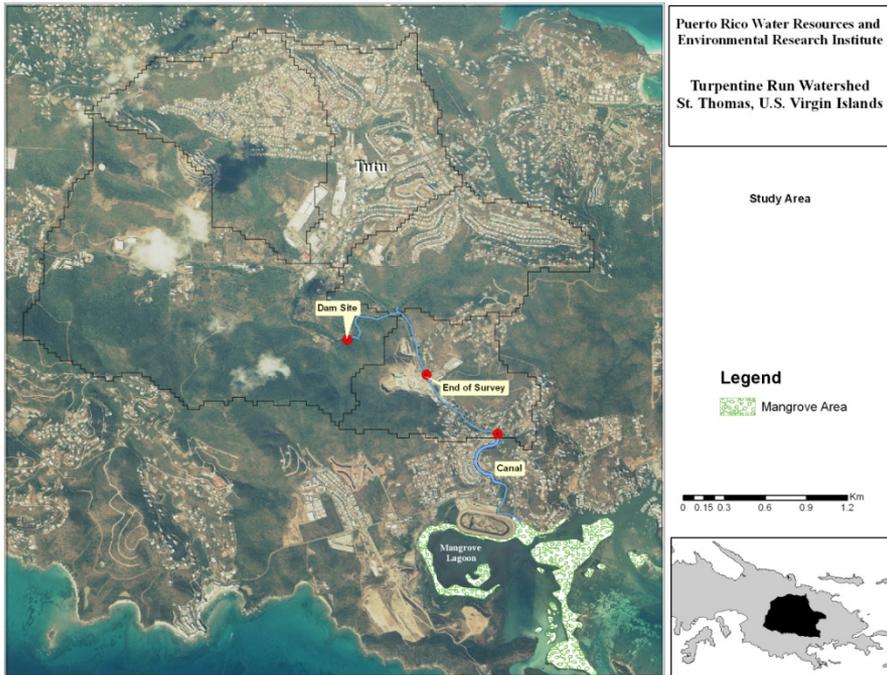
$T_c$  = tiempo de concentración



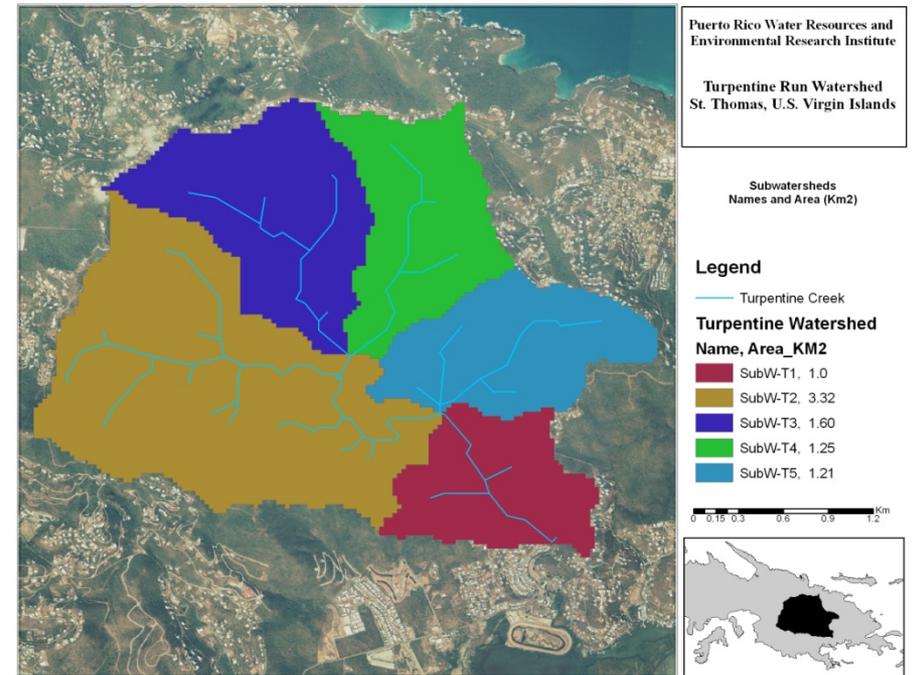
# Ejemplos



# Ejemplos



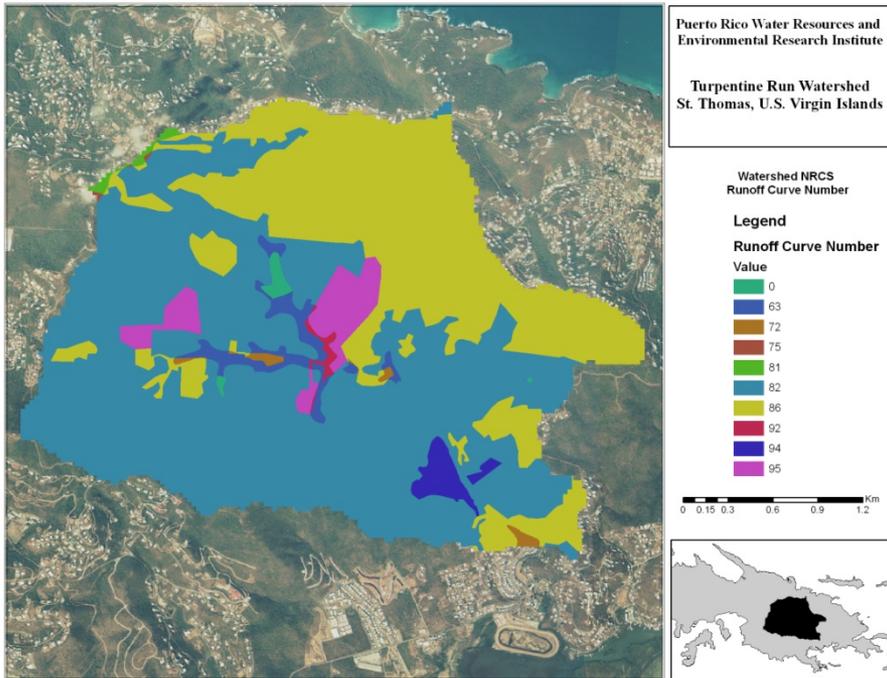
Área de estudio: Turpentine Run Watershed



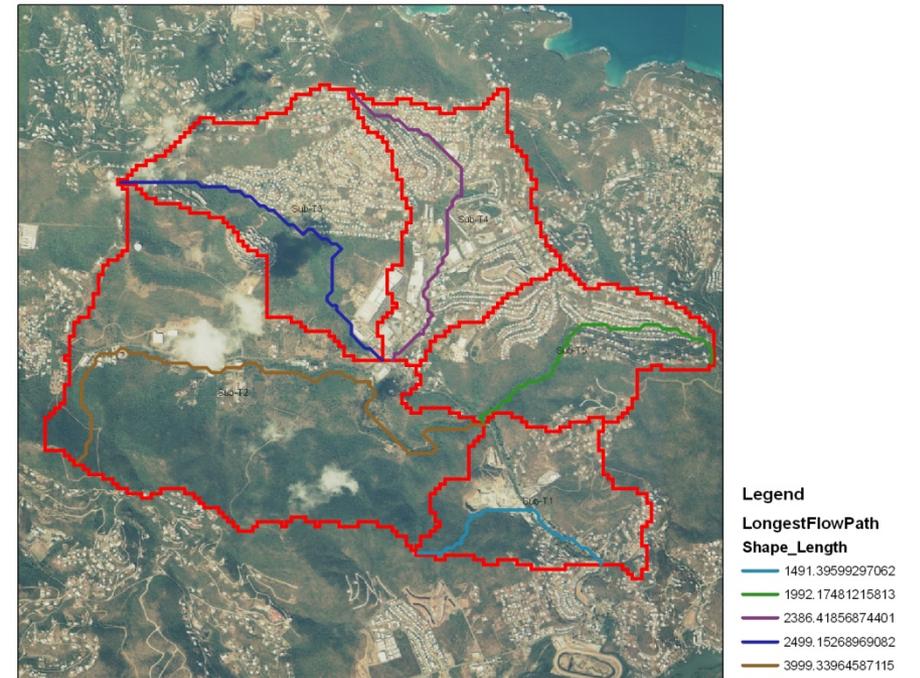
Subcuencas

*Proyecto de transporte de sedimentos en San Thomas, USVI.*

# Ejemplos



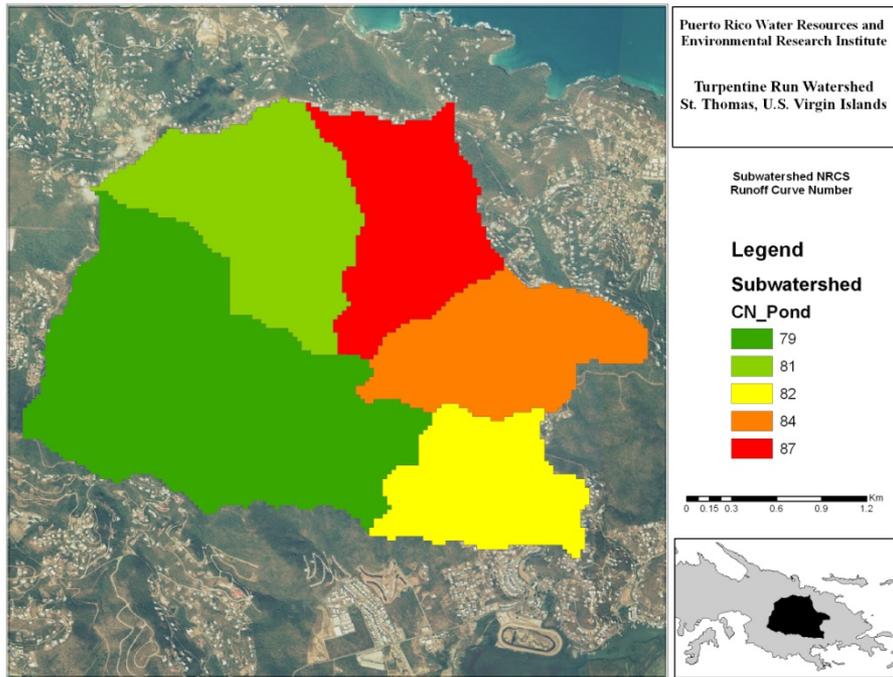
CN por cada uso de terreno



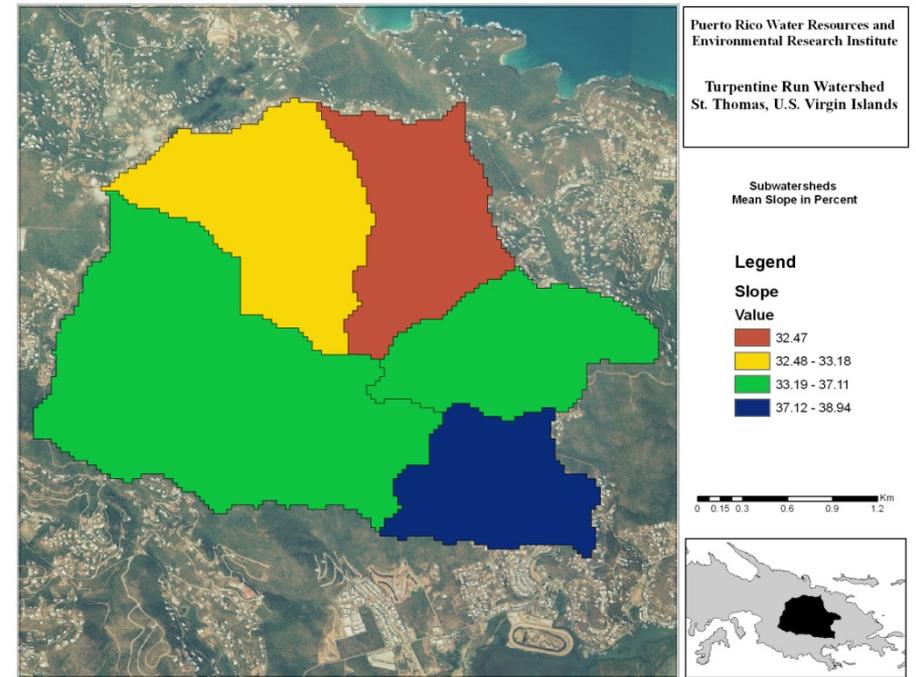
Longest Flow Path

*Proyecto de transporte de sedimentos en San Thomas, USVI.*

# Ejemplos



CN ponderado por subcuencas



Pendiente promedio

*Proyecto de transporte de sedimentos en San Thomas, USVI.*

# Resumen

- Los SIG proveen herramientas útiles, rápidas, automáticas y precisas para el cálculo de variables hidrológicas.
- Se ahorra tiempo y se aumenta la precisión en los estudios.

# Preguntas?

