



**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
División de Ciencias Exactas y Naturales  
Departamento de Geología



**MATERIA**

**HIDROGEOLOGIA**

**TEMA: EVALUACIÓN DE CUENCAS  
HIDROGRAFICAS Y ESCORRENTIAS A  
EMBALSES**

**PRESENTA: M.C. J. ALFREDO OCHOA G.  
DRA. ELIA TAPIA VILLA SEÑOR**

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRAFICAS Y ESCORRENTIAS  
A EMBALSES

# Cuenca

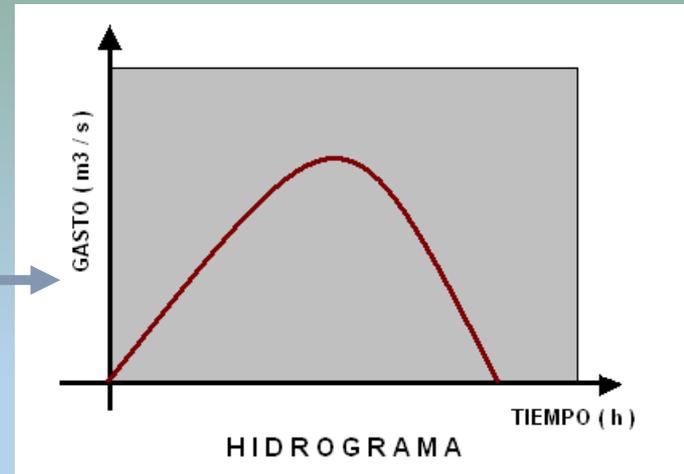
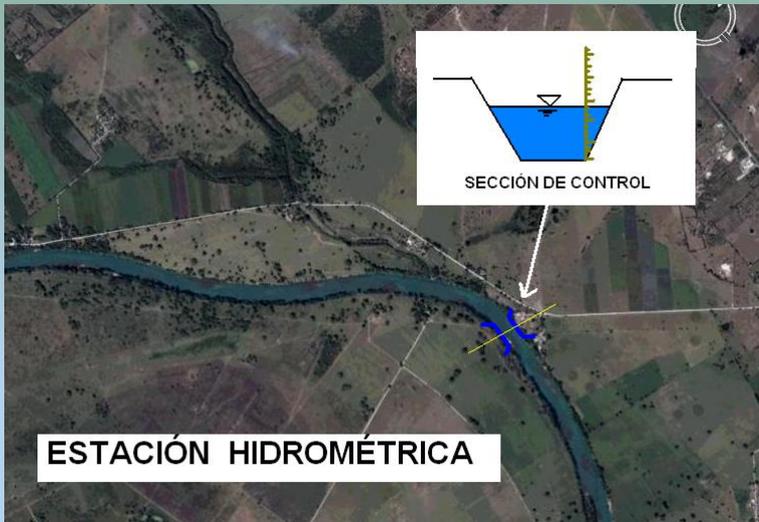
Es un área de la superficie terrestre donde las gotas de lluvia precipitadas dentro de ella tenderán a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Sus unidades son en kilómetros cuadrados ( km<sup>2</sup>).

**NOTA:** Una cuenca es endorreica cuando el agua al fluir por un sistema de corrientes no tiene salida fluvial (cuenca cerrada). Por ejemplo, la cuenca del Valle de México. Normalmente es donde se forman los lagos.



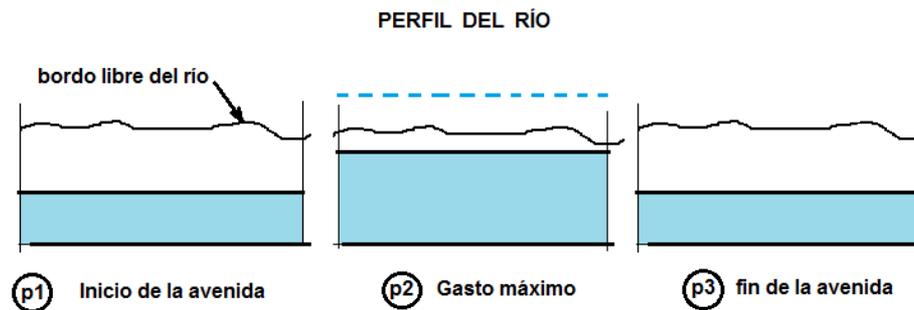
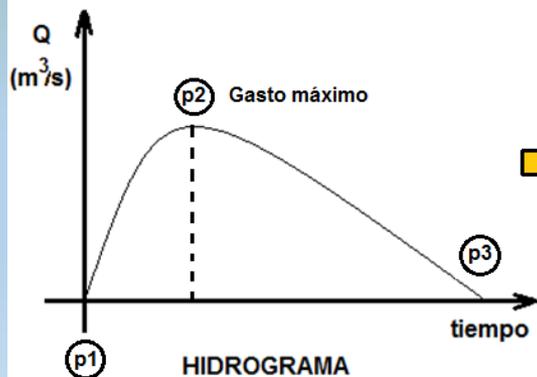
# Gasto

Es la cantidad de agua que escurre por un río en un determinado lugar y en un cierto tiempo, también se llama “caudal”, sus unidades son volumen entre tiempo ( $\text{m}^3 / \text{s}$ ). El lugar donde se mide el gasto es en una estación hidrométrica que consiste en un punto de control (sección regular) dentro del río.

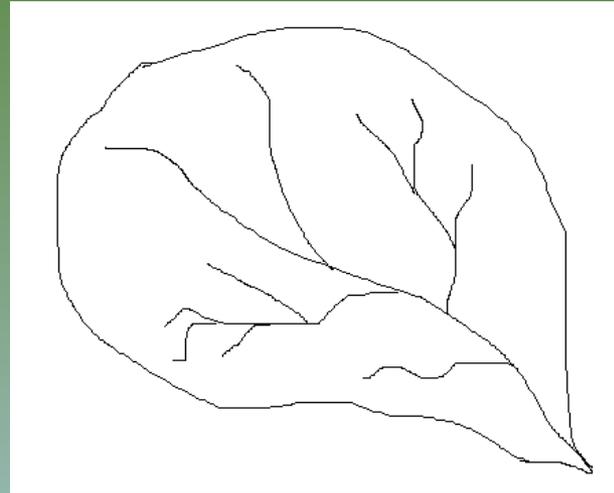


# Definición de avenida

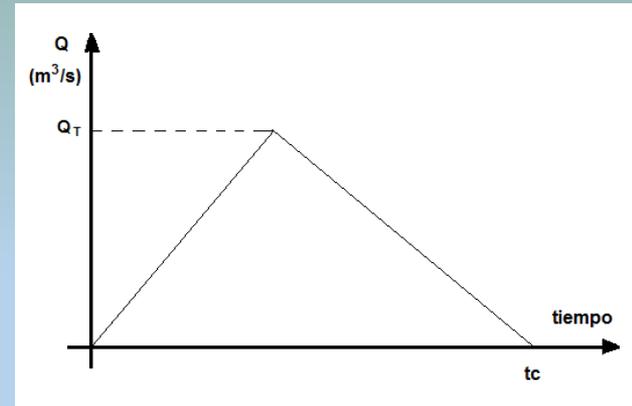
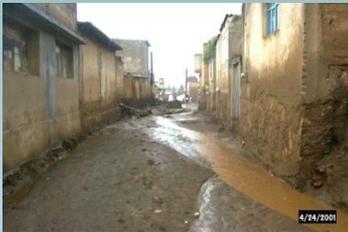
Es una elevación rápida y habitualmente breve del nivel de las aguas en un río o arroyo hasta un máximo desde el cual dicho nivel desciende a menor velocidad” (OMM/UNESCO, 1974). Estos incrementos y disminuciones, representan el comportamiento del escurrimiento en un río.



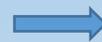
# Avenida de diseño



## Gasto sólido (USLE)



$$E = 0.224 R K L S C P$$



$$Q_s$$

# Tránsito de la avenida

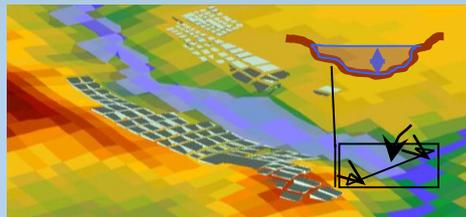
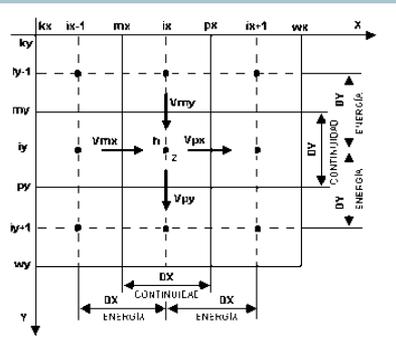
A mano (ecuaciones de St. Venant)

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial t} = i$$

$$\frac{\partial G_x}{\partial x} + \frac{\partial G_y}{\partial y} + \frac{\partial z}{\partial t} \rho_s = 0$$

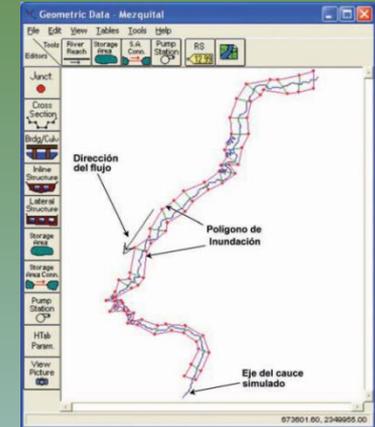
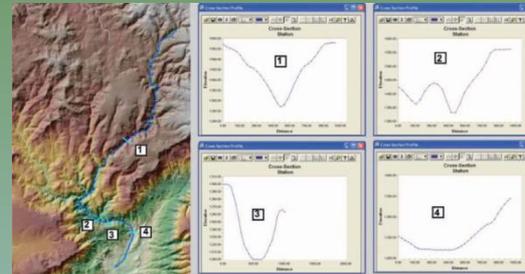
$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial (q_x^2 / h)}{\partial x} + \frac{\partial (q_x q_y / h)}{\partial y} + g h \frac{\partial h}{\partial x} + g h \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{q_x q}{(Ch)^2} = 0$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial (q_y^2 / h)}{\partial y} + \frac{\partial (q_x q_y / h)}{\partial x} + g h \frac{\partial h}{\partial y} + g h \frac{\partial z}{\partial y} + \frac{q_y q}{(Ch)^2} = 0$$

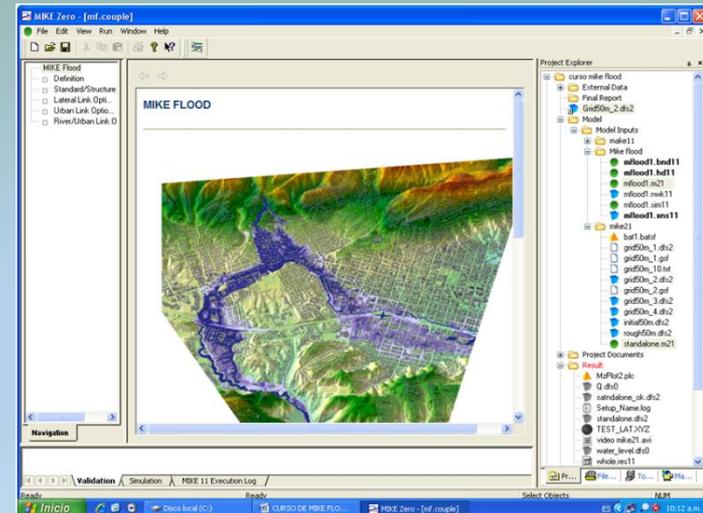


Con Paquetería

A) Uso de Hec-RAS



B) Uso de MIKE FLOOD



# Elaboración de un Estudio Hidrológico

EJEMPLO LA SUBCUENCA SAN MIGUEL EN SONORA

# Contenido de un Estudio Hidrológico

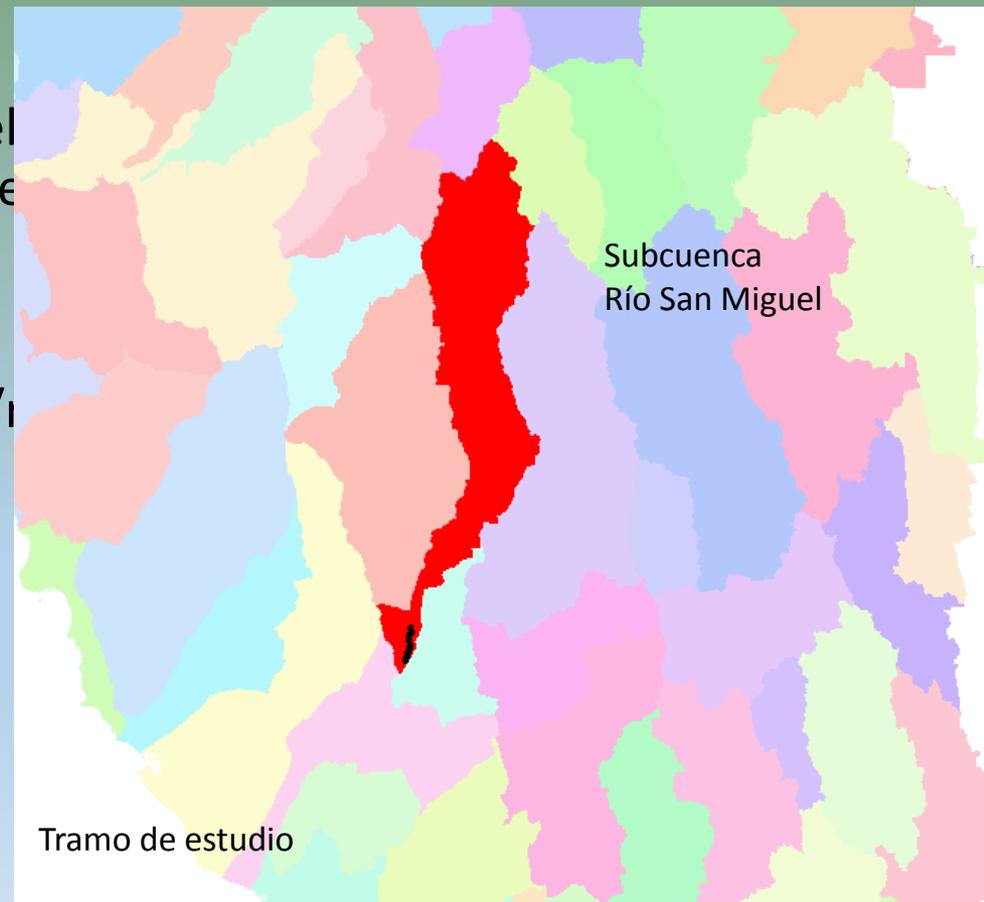
## Ejemplo: Subcuenca San Miguel

- Características generales de la cuenca:
  1. Área de la cuenca
  2. Longitud de cauce principal
  3. Cota máxima
  4. Cota mínima
  5. Pendiente media del cauce
  6. Tiempo de concentración.
- Cálculo de parámetros hidrológicos
  1. Coeficiente de escurrimiento “Ce” y Número Curva “CN”
  2. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia
  3. Lluvia de diseño y lluvia en exceso
- Cálculo del gasto de diseño para diferentes períodos de retorno
  1. Fórmula Racional (Excel)
  2. Método de Chow (Excel)
  3. Hidrograma Unitario SCS (HEC-HMS)

## Área de la cuenca (6)

- a) Abrir el archivo TRAMO\_SAN\_MIGUEL.KMZ en Google Earth.
- b) Identificar el área de estudio y delimitar la cuenca utilizando el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (SIATL).

[http://antares.inegi.org.mx/analisis/med\\_hidro/SIATL/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/med_hidro/SIATL/#)



# Introducción

- El Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas denominado “SIATL” es una aplicación geoespacial que facilita la construcción de escenarios orientados a la toma de decisiones para apoyar diversos proyectos como: ordenamiento territorial, administración del agua, sustentabilidad de cuencas, prevención de desastres, construcción de infraestructura, estudios ecológicos, entre otros.

# Entorno



# Información Disponible

[4.1 Rasgos Hidrográficos](#)

[4.2 Red Hidrográfica 1:50 000](#)

[4.3 Vías de Transporte](#)

[4.4 Geoestadístico y Social](#)

[4.5 División Cartográfica](#)

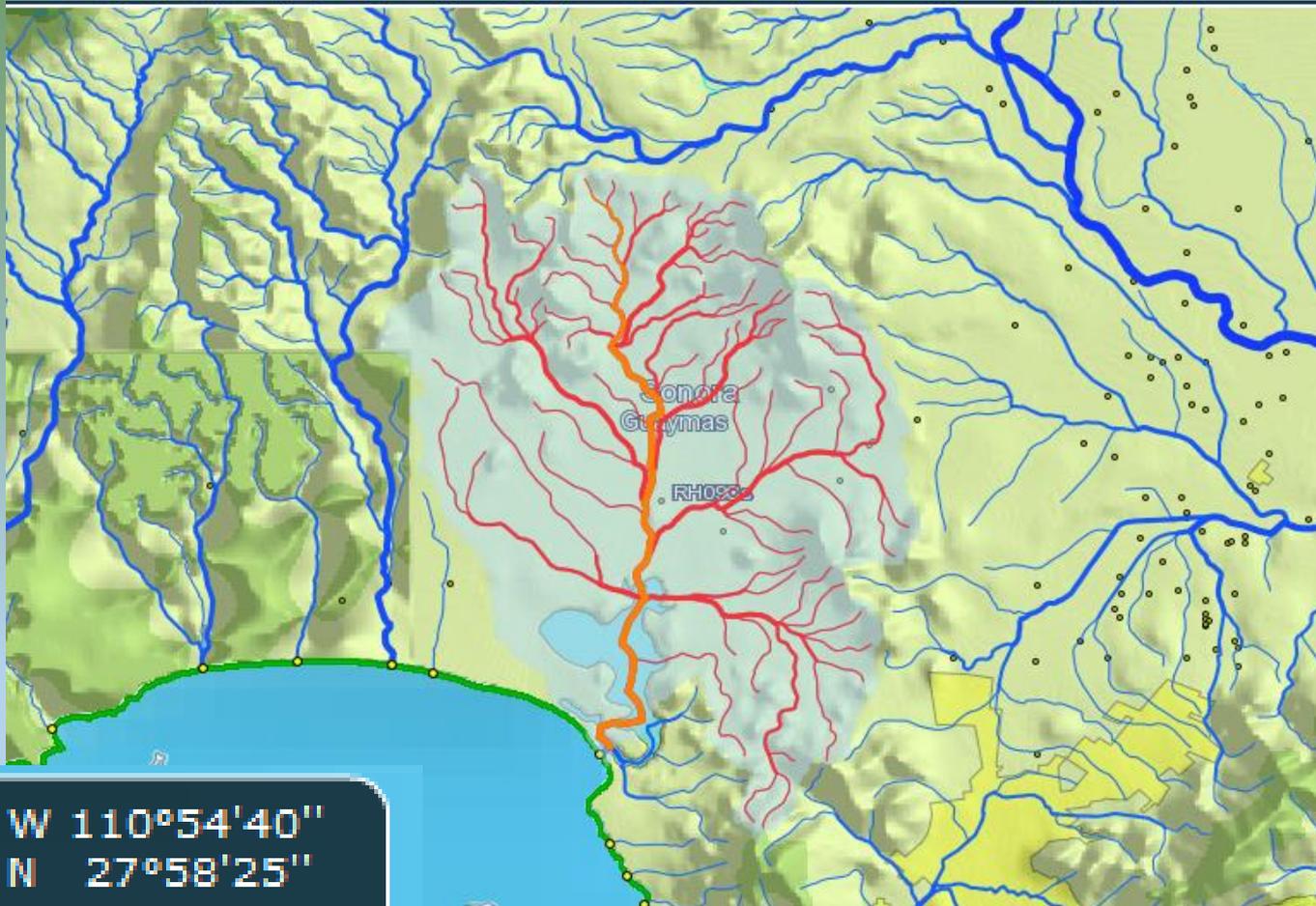
[4.6 Altimetría](#)

[4.7 Servicios de Imágenes](#)

[4.8 Sitios de Interés](#)

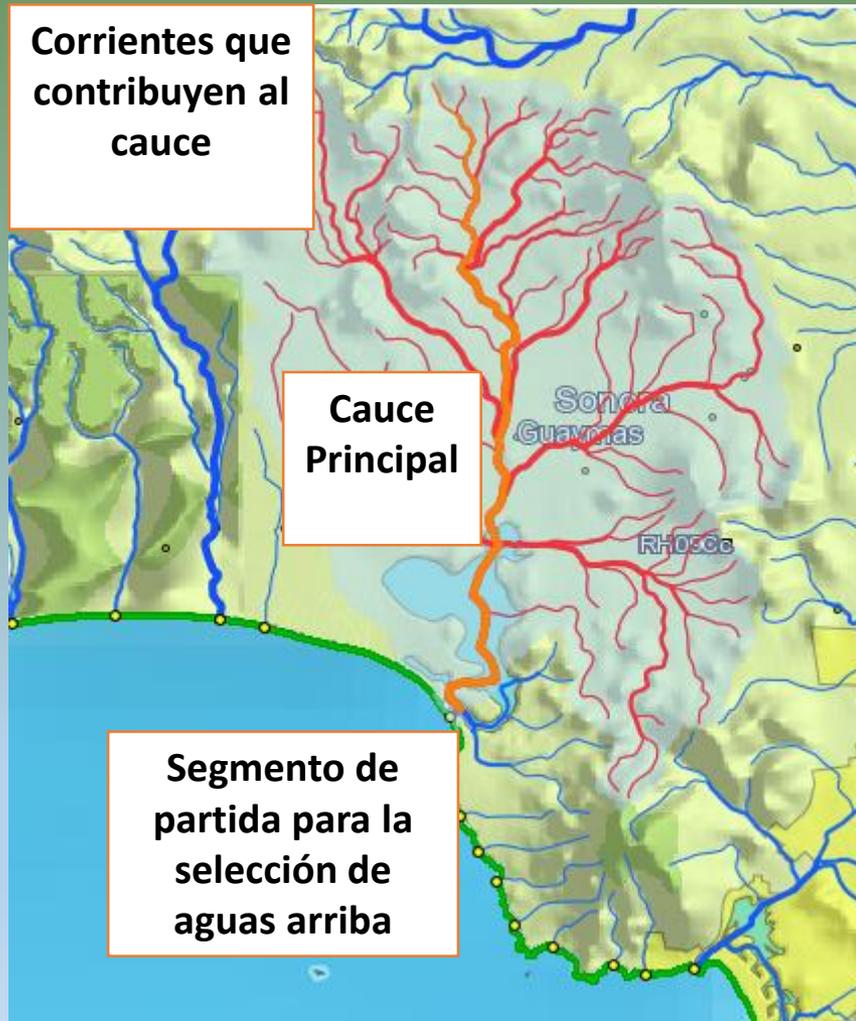
[4.9 Visualización de acuerdo a la escala](#)

- Con ayuda de las coordenadas geográficas y la imagen de Google buscar en SIATL el tramo de estudio



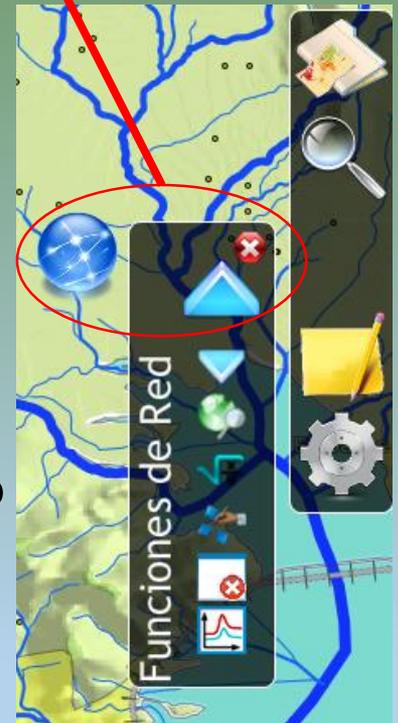
**Longitud:** W 110°54'40"  
**Latitud:** N 27°58'25"  
**Escala:** 1:61,564  
**Elevación:** 15 m

# Flujos de Corrientes Aguas Arriba



Utilicen la función de Flujos de Corriente Aguas Arriba (Triángulo) y den un clic sobre un segmento de la red hidrográfica.

Se mostrará en color rojo todos los flujos tributarios al segmento de referencia en sentido aguas arriba acotado a la divisoria de la subcuenca y el cauce principal se resalta en color naranja con una línea más gruesa a las demás.



# Usar el Comando Identificar para determinar las características de la Subcuenca

The screenshot shows a web browser window with the URL [antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#). The main content is a map of a watershed network with a sub-basin highlighted in red. An information window titled "Información de los Rasgos" is open, displaying the following data:

Propiedad	Valor
Identificador en Base de Datos	908
Clave de subcuenca compuesta	RH09De
Clave de Región Hidrográfica	RH09
Nombre de Región Hidrográfica	SONORA SUR
Clave de Cuenca	D
Clave de Cuenca Compuesta	D
Nombre de Cuenca	R. SONORA
Clave de Subcuenca	e
Nombre de Subcuenca	R. San Miguel
Tipo de Subcuenca	EXORREICA
Lugar a donde drena (principal)	RH09Da R. Sonora - Hermosillo
Total de Descargas (drenaje principal)	1

The information window also includes a search bar with the text "Rasgo seleccionado: Subcuenca" and buttons for "Regresar" and "Cerrar". The map interface includes a toolbar with various navigation and analysis tools, and a status bar at the bottom showing coordinates (Longitude: W 110°39'59", Latitude: N 29°22'31", Elevation: 438 m) and the INEGI logo.

# Descargar Hidrología Superficial a Escala 1:50,000 para la subcuenca San Miguel

The screenshot shows a web browser window displaying a hydrological map interface. The browser's address bar shows the URL `antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#`. The map displays a network of rivers and streams, with a central sub-catchment highlighted in red and orange. A dialog box titled "Seleccione la opción que se desea" (Select the option you want) is overlaid on the map, offering two choices: "Guardar Imagen JPEG ó PNG" (Save Image JPEG or PNG) and "Descarga de la Red Hidrográfica escala 1:50 000 Edición 2.0" (Download of the Hydrographic Network scale 1:50 000 Edition 2.0). The second option is selected. A "Cancelar" (Cancel) button is visible in the dialog. The map interface includes a toolbar with various navigation and interaction tools, a status bar at the bottom left showing coordinates (Longitude: W 110°52'37", Latitude: N 29°17'44", Scale: 1:169,124, Elevation: 290 m), and a file manager at the bottom showing a file named "RH09DE.ZIP". The system tray at the bottom right indicates the time is 12:19 a.m. on 24/05/2014.

Propiedad	Valor
Densidad de Drenaje	3.4581
Coefficiente de Compacidad	2.5532
Longitud Promedio de flujo superficial de la Subcuenca (l	0.07229403429628987016
Elevación Máxima en la Subcuenca (m)	2440
Elevación Mínima en la Subcuenca (m)	240
Pendiente Media de la Subcuenca (%)	31.68
Elevación Máxima en Corriente Principal (m)	1756
Elevación Mínima en Corriente Principal (m)	229
Longitud de Corriente Principal (m)	247324
Pendiente de Corriente Principal (%)	0.617
Sinuosidad de Corriente Principal	2.05051114001207

Sinuosidad de Corriente Principal

 [Regresar](#) [Cerrar](#)

## Longitud de Cauce Principal (2)

Propiedad	Valor
Densidad de Drenaje	3.4581
Coefficiente de Compacidad	2.5532
Longitud Promedio de flujo superficial de la Subcuenca (l	0.07229403429628987016
Elevación Máxima en la Subcuenca (m)	2440
Elevación Mínima en la Subcuenca (m)	240
Pendiente Media de la Subcuenca (%)	31.68
Elevación Máxima en Corriente Principal (m)	1756
Elevación Mínima en Corriente Principal (m)	229
Longitud de Corriente Principal (m)	247324
Pendiente de Corriente Principal (%)	0.617
Sinuosidad de Corriente Principal	2.05051114001207

Sinuosidad de Corriente Principal

 [Regresar](#) [Cerrar](#)

## Cota Máxima-Cota Mínima (3)

Propiedad	Valor
Densidad de Drenaje	3.4581
Coefficiente de Compacidad	2.5532
Longitud Promedio de flujo superficial de la Subcuenca (	0.07229403429628987016
Elevación Máxima en la Subcuenca (m)	2440
Elevación Mínima en la Subcuenca (m)	240
Pendiente Media de la Subcuenca (%)	31.68
Elevación Máxima en Corriente Principal (m)	1756
Elevación Mínima en Corriente Principal (m)	229
Longitud de Corriente Principal (m)	247324
Pendiente de Corriente Principal (%)	0.617
Sinuosidad de Corriente Principal	2.05051114001207

Sinuosidad de Corriente Principal



Regresar Cerrar

## Pendiente Media del Cauce (4)

Propiedad	Valor
Densidad de Drenaje	3.4581
Coefficiente de Compacidad	2.5532
Longitud Promedio de flujo superficial de la Subcuenca (l	0.07229403429628987016
Elevación Máxima en la Subcuenca (m)	2440
Elevación Mínima en la Subcuenca (m)	240
Pendiente Media de la Subcuenca (%)	31.68
Elevación Máxima en Corriente Principal (m)	1756
Elevación Mínima en Corriente Principal (m)	229
Longitud de Corriente Principal (m)	247324
Pendiente de Corriente Principal (%)	0.617
Sinuosidad de Corriente Principal	2.05051114001207

Sinuosidad de Corriente Principal

 [Regresar](#) [Cerrar](#)

## Pendiente Media del Cauce (4)

- La pendiente de cauce principal es uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca ante una tormenta. La pendiente varía a lo largo del cauce, por lo que es necesario definir una pendiente media que en este caso se calcula utilizando el criterio de Taylor y Shuartz:

$$S = \left[ \frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_n}{\sqrt{S_n}}} \right]$$

$S_1, S_2, \dots, S_m$	.- pendientes parciales de los tramos 1,2,..,m	
$l_1, l_2, \dots, l_m$	.- longitudes parciales de los tramos 1,2,..,m	
L	.- longitud total del cauce principal en metros	
S	.- pendiente media del cauce principal	

## Tiempo de Concentración (6)

El tiempo de concentración  $t_c$  es el tiempo que requiere una partícula de agua en desplazarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio en estudio. Se puede determinar con las siguientes formulas:

Fórmula General

$$tc_1 = \frac{L}{3600 v}$$

Fórmula de la USSCS (Kirpich)  $tc_2 = \frac{0.000325 L^{0.77}}{S^{0.385}}$

Fórmula de Rowe

$$tc_3 = \left[ \frac{0.86 L^3}{H} \right]^{0.385}$$

$tc_1$ .-	tiempo de concentración en minutos (Fórmula General)
$tc_2$ .-	tiempo de concentración en minutos (Fórmula de Kirpich)
$tc_3$ .-	tiempo de concentración en minutos (Fórmula de Rowe).
$L$ .-	longitud del cauce principal en metros.
$S$ .-	pendiente del cauce principal.
$H$ .-	desnivel total en el sentido del flujo en metros.
$v$ .-	velocidad

## Tiempo de Concentración (6)

El tiempo de concentración  $t_c$  es el tiempo que requiere una partícula de agua en desplazarse desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio en estudio. Se puede determinar con las siguientes formulas:

Fórmula General 
$$tc_1 = \frac{L}{3600 v}$$

Fórmula de la USSCS (Kirpich) 
$$tc_2 = \frac{0.000325 L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Fórmula de Rowe

$$tc_3 = \left[ \frac{0.86 L^3}{H} \right]^{0.385}$$

$tc_1$ .-	tiempo de concentración en minutos (Fórmula General)
$tc_2$ .-	tiempo de concentración en minutos (Fórmula de Kirpich)
$tc_3$ .-	tiempo de concentración en minutos (Fórmula de Rowe).
$L$ .-	longitud del cauce principal en metros.
$S$ .-	pendiente del cauce principal.
$H$ .-	desnivel total en el sentido del flujo en metros.
$v$ .-	velocidad

## Velocidad Media (6b)

$$V_i = 16.1345\sqrt{S_i}$$

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

**V.- Velocidad media**

**n.- Número de tramos**

# Contenido de un Estudio Hidrológico

## Ejemplo: Subcuenca San Miguel

- **Características generales de la cuenca:**

1. Área de la cuenca
2. Longitud de cauce principal
3. Cota máxima
4. Cota mínima
5. Pendiente media del cauce
6. Tiempo de concentración.

Ingresar Información en  
tabla de Excel  
"PRACTICA1.xlsx"  
proporcionada por el  
profesor

- **Cálculo de parámetros hidrológicos**

1. Coeficiente de escurrimiento "Ce" y Número Curva "CN"
2. Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia
3. Lluvia de diseño y lluvia en exceso

- **Cálculo del gasto de diseño para diferentes períodos de retorno**

1. Fórmula Racional (Excel)
2. Método de Chow (Excel)
3. Hidrograma Unitario SCS (HEC-HMS)