

Cómo Comenzar



CUENCAS  
HIDROGRÁFICAS

# Modelamiento de Geomorfología de las Cuencas Hidrográficas



Traducido por



GEOVETRA  
[www.geovectra.cl](http://www.geovectra.cl)

con

# TNTmips®

---

## Antes de Comenzar

El movimiento del agua sobre las superficies de la tierra es un importante factor ambiental que está regido principalmente por la forma del terreno. El proceso de Cuencas Hidrográficas en TNTmips® analiza un modelo de elevación y define redes de drenaje y los límites entre diferentes áreas de drenaje (cuencas hidrográficas) con atributos relacionados. Los ejercicios en este folleto le guían a través de los principales procedimientos involucrados en el modelamiento de cuencas hidrográficas con el proceso de Cuencas Hidrográficas.

**Habilidades Prerequeridas** Este folleto asume que usted ha completado los ejercicios en *Cómo Comenzar: Desplegando Datos Geospaciales* y *Cómo Comenzar: Navegando*. Esos ejercicios introducen habilidades esenciales y técnicas básicas que no están cubiertas de nuevo aquí. Favor consultar esos folletos y el manual de referencia TNTmips para cualquier revisión que usted necesite.

**Datos de Ejemplo** Los ejercicios presentados en este folleto usan datos de ejemplo que están distribuidos con los productos TNT. Si usted no tiene acceso al CD con los productos TNT, usted puede descargar los datos desde el sitio Web de MicroImages. En particular, este folleto usa el archivo de ejemplo WATERSHED en la colección de datos TERRAIN.

**Más Documentación** Este folleto está pensado sólo como una introducción al modelamiento de cuencas hidrográficas. Para mayor información, consulte el manual de referencia de TNTmips, el cual contiene más de 35 páginas en el proceso de cuencas hidrográficas.

**TNTmips y TNTlite®** TNTmips viene en dos versiones: la versión profesional y la versión gratis TNTlite. Este folleto se refiere a ambas versiones como "TNTmips." Si usted no compra la versión profesional (que requiere una llave de licencia de hardware), TNTmips opera en el modo TNTlite, lo cual limita el tamaño de sus objetos y no permite exportar.

El proceso de Cuencas Hidrográficas no está disponible en TNTview o TNTAtlas. Todos los ejercicios pueden ser completados en TNTlite usando los ejemplos de geodatos proporcionados.

*Randall B. Smith, Ph.D., 16 August 2001*

*Traducido por GeoVectra S.A., Diciembre 2002*

Puede ser difícil identificar los puntos importantes en algunas ilustraciones sin una copia a color de este folleto. Usted puede imprimir o leer este folleto en color desde el sitio Web de MicroImages. Este sitio web es también su fuente para los nuevos folletos *Cómo Comenzar* en otros tópicos. Usted puede descargar una guía de instalación, datos de ejemplo, y la última versión de TNTlite.

**<http://www.microimages.com>**

# Bienvenido al Modelado de Cuencas Hidrográficas

El proceso de las cuencas hidrográficas señala la influencia del terreno en superficie en la hidrología de las aguas a través del modelado del movimiento del agua sobre la superficie de la tierra. La entrada para el proceso es un DEM (Modelo de Elevación Digital), una grilla regular de valores de elevación almacenadas como un objeto raster.

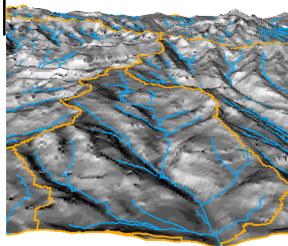
El proceso de Cuencas Hidrográficas calcula las direcciones locales del flujo y la gradual acumulación de agua moviéndose hacia abajo por las laderas a través del paisaje. Desde estos resultados intermedios el proceso después calcula la red de corriente y los límites entre cuencas hidrográficas, las áreas drenadas por sistemas de corriente particulares. Las cuencas hidrográficas pueden ser además subdivididas dentro de *cuencas* asociadas con ramificaciones particulares de la red de corrientes. La red del camino del flujo, los límites de las cuencas hidrográficas, y las cuencas son creadas como objetos vectoriales temporales. Usted puede ajustar muchos parámetros de los procesos para variar el nivel de detalle en esos objetos antes de guardar los resultados finales. La información variada de atributos es también creada y guardada con los caminos del flujo y cuencas hidrográficas. La información creada por esos cálculos de amplias áreas puede ser usada como entrada para análisis adicionales de recursos de flujos de aguas, inundación y riesgo de erosión, y movimiento de contaminantes.

Se proporciona también una herramienta interactiva para generar los caminos del flujo y cuencas para puntos de localización particulares en el modelo de elevación. Esta herramienta es útil para analizar los impactos de los puntos-fuentes contaminantes dentro de una cuenca hidrográfica. Una opción de proceso secuencial está disponible para el relleno de las depresiones en el modelo de elevación previo a la determinación de la ruta de flujo. Este procedimiento podría ser útil en la determinación de la influencia de cualquier depresión natural en el paisaje.

Adicionales procesos de análisis de terreno en TNTmips son explicados en un folleto compañero, *Cómo Comenzar: Análisis de Terrenos y Superficies*



- elija Procesos / Raster / Elevación / Cuenca Hidrográfica desde el menú principal



Una vista con perspectiva 3D de un DEM con relieve sombreado con los límites de cuencas hidrográficas (Naranja) y líneas de flujo (Azul) producidas por un proceso de cuencas hidrográficas.

Una introducción al cálculo del camino del flujo y cuencas hidrográficas es proporcionada en las páginas 4 a 6, seguidas por una discusión de los efectos de ajustar el camino del flujo y los parámetros de cuencas en las páginas 7-8. Los órdenes de corrientes calculados son explicados en la página 9. La página 10 muestra cómo generar caminos del flujo y cuencas desde puntos de origen. El Raster de elevación ajustada y otros productos son explicados en las páginas 11-12. Las páginas 13-14 tratan del uso de los valores nulos y las máscaras. El proceso secuencial es cubierto en las páginas 15-19

## Comenzando el Análisis de Cuencas Hidrográficas

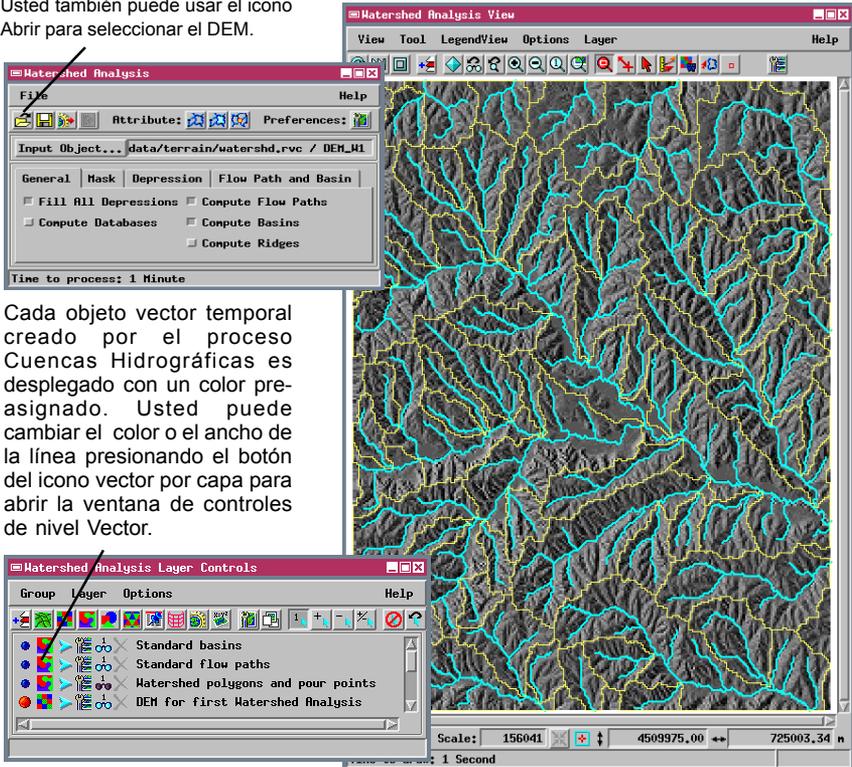
### PASOS

- ☑ presione [Ingresar Objeto...] en la ventana Análisis de Cuencas Hidrográficas
- ☑ use el diálogo Selección Objeto para llamar DEM\_w1 desde el Archivo de Proyecto WATERSHD en la colección de datos TERRAIN
- ☑ revisar que el botón Rellenar Todas las Depresiones en el panel General esté encendido
- ☑ presionar el botón con el icono  Ejecutar

Para comenzar el proceso de Cuencas Hidrográficas abra las ventanas Análisis de Cuencas Hidrográficas, Vista Análisis de Cuencas Hidrográficas y ventana Control de Nivel. La ventana Vista automáticamente despliega el DEM que usted selecciona para el análisis y, después de procesar, selecciona los resultados del proceso.

La forma más rápida para llenar las cuencas hidrográficas delineadas y los caminos del flujo en un DEM es usar la opción Rellenar Todas las Depresiones, la cual está encendida por defecto (Nosotros exploraremos el impacto de esta elección en el proceso en ejercicios más adelante). El proceso de Cuencas Hidrográficas crea una serie de objetos vectores y raster temporales que presentan diferentes aspectos de los resultados. Para guardar cualquiera de todos estos objetos, apretar el botón con el icono Guardar Como en la ventana Análisis de Cuencas Hidrográficas.

Usted también puede usar el icono  Abrir para seleccionar el DEM.



Cada objeto vector temporal creado por el proceso Cuencas Hidrográficas es desplegado con un color pre-asignado. Usted puede cambiar el color o el ancho de la línea presionando el botón del icono vector por capa para abrir la ventana de controles de nivel Vector.

## Caminos del Flujo y Cuencas Hidrográficas

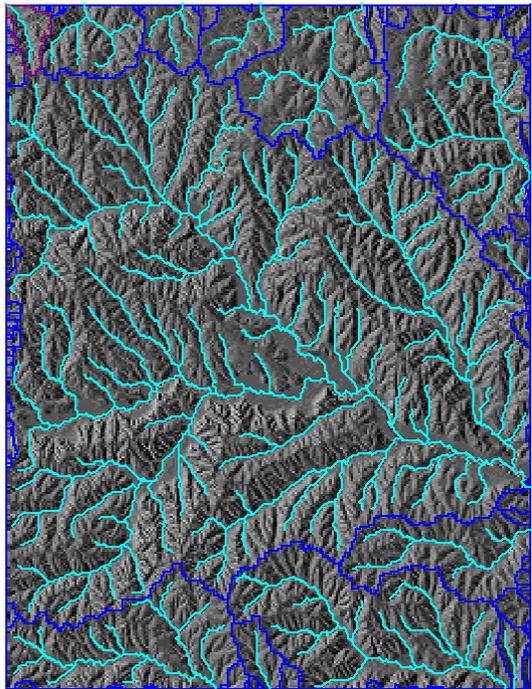
Después de ejecutar el Proceso de Cuencas Hidrográficas usando la opción Rellenar Todas las Depresiones, dos objetos vectoriales representando cuencas estándar (llamadas STDBASIN) y caminos del flujo standard (STDFLOWPATH) son desplegados sobre el DEM de entrada en la ventana Vista. Otros objetos vectores de salida y objetos raster son listados en la ventana de Control de Nivel pero están inicialmente escondidos. Volvemos a los objetos de cuencas estándar más tarde, pero por el momento los esconderemos y en cambio mostraremos el objeto vector representando los polígonos de cuencas hidrográficas (WATERSHED).

Las líneas en el vector de los caminos del flujo (mostrados en color cyan) representan la red calculada de las corrientes de canales actuales y potenciales que drenan cada cuenca hidrográfica. Los límites de las cuencas hidrográficas son mostrados como polígonos azules en el objeto vector de las cuencas hidrográficas. Los límites de las cuencas hidrográficas siguen la división topográfica entre diferentes sistemas de drenaje.

Use los botones con el icono Ocultar / Mostrar para controlar cual de las capas disponibles están actualmente desplegadas. El icono de lentes es cyan para una capa desplegada y gris para una capa ocultada.

### PASOS

- en la ventana de Control de Nivel, presionar el botón con el icono Ocultar / Mostrar para que el objeto vector STANDARD BASINS se oculte
- repetir con el objeto WATERSHED POLYGONS para mostrarlo.



Cada descripción de objetos es usada por defecto para su nombre de nivel en la ventana de Control de Niveles. Si usted desea, puede seleccionar Nombre por Defecto del Nivel desde el menú Opciones de la ventana para cambiar los nombres de cualquiera de los nombres de objetos o nombres de archivos. Este cambio no tiene efecto hasta que usted salga y restablezca el proceso.

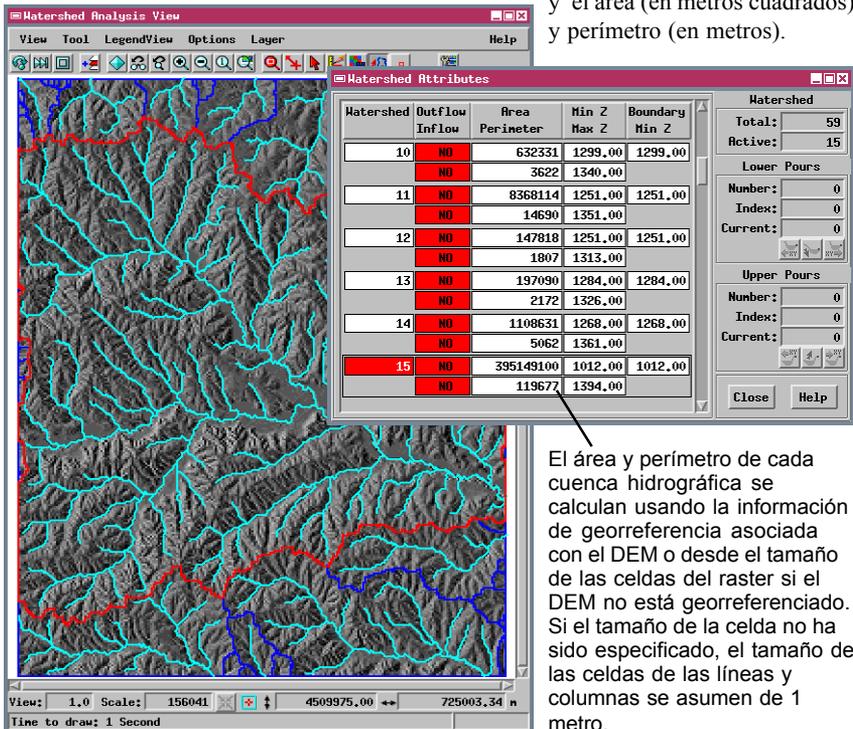
# Propiedades de las Cuencas Hidrográficas

## PASOS

- presione el botón con el icono  Atributos de las Cuencas Hidrográficas en la barra de herramientas Atributos en la ventana Análisis de Cuencas Hidrográficas
- presione el botón con el icono  Seleccione Cuenca Hidrográfica en la parte alta de la ventana Vista
- apriete el botón izquierdo del mouse dentro del gran polígono central de cuencas hidrográficas

La ventana de Atributos de Cuencas Hidrográficas presenta una lista con movimiento en sentido vertical de las propiedades básicas de las cuencas hidrográficas que encontró el proceso. Cuando todas las depresiones son rellenadas, cada cuenca hidrográfica drena hasta el margen del objeto raster (o al límite entre valores de raster válidos y nulos, los cuales pueden ser usados para representar una línea de costa). Cada cuenca hidrográfica en este caso no tiene ni una afluencia desde una cuenca hidrográfica río arriba ni un desagüe río abajo, como se indica por la columna Afluencia / Desagüe en la ventana. Las cuencas hidrográficas que drenan hacia el margen del raster en la misma dirección puede en efecto unirse río abajo y formar partes de una gran cuenca hidrográfica regional.

Los atributos de las cuencas hidrográficas incluyen valores de elevación (elevaciones mínimas y máximas dentro de las cuencas hidrográficas, más elevación del límite mínima), y el área (en metros cuadrados) y perímetro (en metros).



Watershed	Outflow	Inflow	Area	Perimeter	Min Z	Max Z	Boundary	Min Z
10	NO		632331	1299,00	1299,00			
	NO		3622	1340,00				
11	NO		8368114	1251,00	1251,00			
	NO		14690	1351,00				
12	NO		147818	1251,00	1251,00			
	NO		1807	1313,00				
13	NO		197090	1284,00	1284,00			
	NO		2172	1326,00				
14	NO		1108631	1268,00	1268,00			
	NO		5062	1361,00				
15	NO		395149100	1012,00	1012,00			
	NO		119672	1394,00				

El área y perímetro de cada cuenca hidrográfica se calculan usando la información de georreferencia asociada con el DEM o desde el tamaño de las celdas del raster si el DEM no está georreferenciado. Si el tamaño de la celda no ha sido especificado, el tamaño de las celdas de las líneas y columnas se asumen de 1 metro.

## Parámetros del Camino del Flujo

Si usted examina minuciosamente los objetos vectoriales de las Cuencas Hidrográficas y el camino del flujo, usted verá que los caminos del flujo no se extienden todas río arriba en los límites de la cuenca hidrográfica. Además los caminos del flujo no son mostrados para algunas pequeñas cuencas hidrográficas alrededor de los márgenes del DEM. Los valores del parámetro mostrados en el panel de Camino del Flujo y Cuencas son umbrales por defecto que fueron usados para el proceso de calcular los vectores de la corriente del camino del flujo y cuencas. Usted puede modificar esos valores de parámetros y recalcular nuevos objetos vectores de caminos del flujo y cuencas que muestren mayores o menores detalles.

Con el propósito de generar caminos del flujo, el proceso de cuencas hidrográficas calcula el número de celdas río arriba que contribuyen al flujo de cada celda en el DEM. Estos valores de acumulación de flujo son usados en parte para encontrar caminos del flujo río arriba, comenzando con los valores de más alta acumulación donde las corrientes alcanzan los límites del área. Los parámetros de salida ponen los umbrales de acumulación de flujos para iniciar un camino del flujo en el margen del raster. Solamente las celdas límites con valores de acumulación de flujo más grandes que los umbrales de salida son usados para iniciar el camino del flujo.

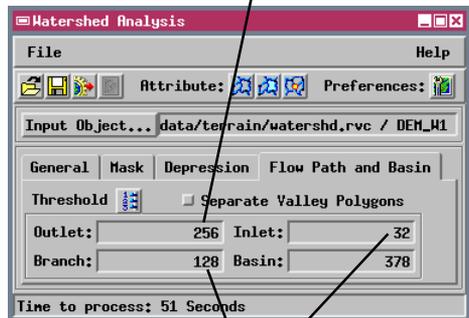
Los parámetros de Ingreso determinan cuán lejos río arriba cada camino del flujo es trazado hacia sus cabeceras. Un camino del flujo termina cuando el valor de la acumulación de flujo para la próxima celda río arriba cae hacia el valor del parámetro entrante.

Los parámetros de Dependencia controlan la división río arriba del camino del flujo en las potenciales uniones entre tributarios o ramificaciones. Se crea un camino de flujo bifurcado cuando el valor de la acumulación de flujo en la desembocadura del tributario es más grande que el valor del parámetro de Dependencia.

### PASOS

- cierre la ventana de Atributos de Cuencas Hidrográficas
- clic en el panel Camino del Flujo y Cuencas para exponer sus parámetros

Aumente el valor de parámetro de salida si usted no quiere crear un camino del flujo para pequeñas cuencas hidrográficas alrededor de la periferia del DEM que actualmente los muestra.



Disminuya los valores de los parámetros de Ingreso y Dependencia si usted quiere extender los caminos del flujo más cerca de las cuencas hidrográficas más arriba de los límites y aumente el número de los caminos del flujo tributario mostrados.

Para restaurar los valores por defecto para los parámetros de Caminos del Flujo y Cuencas, haga clic en el icono del botón Fijar a los valores por omisión



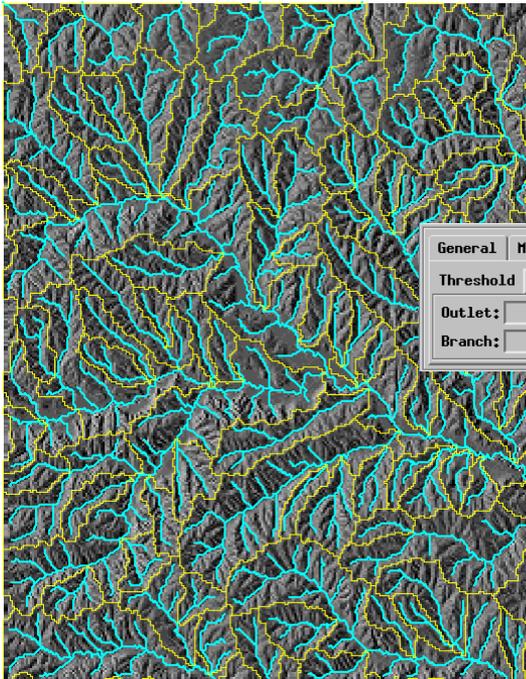
# Recalcular Caminos de Flujo y Cuencas

## PASOS

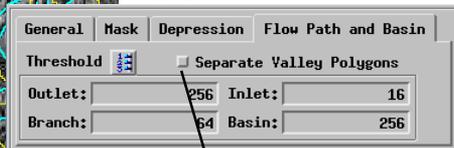
- use los iconos Ocultar / Mostrar en la ventana de controles del nivel para ocultar la capa vector WATERSHED y mostrar la capa BASINS
- cambie el valor del parámetro de Ingreso a 16
- cambie el valor del parámetro de la Dependencia a 64
- cambie el valor del parámetro de la Cuenca a 256
- presione el botón con el icono Ejecutar 
- si no quiere guardar los resultados del proceso previo, haga clic [NO] en la ventana Verificar, de otra manera, haga clic [SI] y nombre los objetos de Salida

Los polígonos en el objeto vector cuencas estándar (mostradas en amarillo en la ilustración de la página 4) muestran subdivisiones dentro de grandes cuencas hidrográficas. Cada cuenca (sub cuenca hidrográfica) es el área drenada por una red de ramificaciones de la corriente principal. La más baja elevación en cada cuenca es la confluencia entre su red de corrientes y una corriente más grande.

El parámetro de las Cuencas pone un área de umbral para la generación de polígonos de cuencas dentro de cada cuenca hidrográfica. Un polígono de cuencas se crea para cada sistema de dependencia que drena un área (expresada como un número de celdas) más grande o igual que el valor puesto para el parámetro de la Cuenca. Porque la acumulación de flujo está expresada como el número de celdas que contribuyen al flujo, el área de una cuenca es equivalente al valor de la celda de acumulación de flujo en la cabecera de su sistema tributario.



Los cambios que usted haga a los parámetros de caminos del flujo y cuencas en este ejercicio crean una red de caminos del flujo más densa, más detallada con más numerosas y más largas ramificaciones, y más numerosas y pequeñas cuencas.



Si usted enciende el botón Separar Polígonos de Valle antes de recalcular el camino del flujo y cuencas, las cuencas más grandes, extendidas asociadas con corrientes principales son divididas en polígonos separados en la intersecciones de las bifurcaciones. La medida mínima de esos polígonos es también puesta por el valor del parámetro Cuenca.

# El Orden de las Corrientes

Una vez que los segmentos de las corrientes en cada cuenca hidrográfica se unen río abajo para formar corrientes más grandes, la importancia relativa de cada segmento puede estar expresada como un rango numérico u *orden* dentro de la red de corrientes. El proceso de cuencas hidrográficas calcula el orden de las corrientes para cada elemento de línea en el objeto vector camino del flujo estándar usando 4 diferentes sistemas de ordenamiento que son descritos e ilustrados más abajo. Los valores resultantes están almacenados en la tabla `STREAM_ORDER`.

**Strahler:** Los segmentos de cabecera más pequeños son asignados con orden 1. El orden aumenta río abajo en 1 siempre que 2 corrientes de igual orden se unan. Por ejemplo, dos corrientes de orden 2 se unen para formar una corriente de orden 3. Pero el orden de los números no aumenta cuando una corriente de orden mayor es unida a una corriente de orden menor.

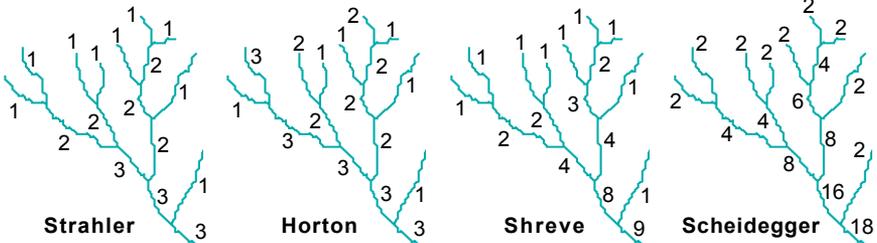
**Horton:** Este sistema comienza con el mismo esquema de orden del sistema de Strahler, pero la corriente principal mantiene el mismo orden de los números río arriba hasta una simple fuente de cabecera. El orden de los mayores tributarios es tratado de la misma forma. En cada unión donde dos segmentos de igual orden de Strahler se encuentran, el segmento más largo o más directo río arriba, es reenumerado con el orden mayor de la corriente principal o ramificación.

**Shreve:** El orden o "magnitud" de un segmento de corriente formado en una unión es la suma de las magnitudes de los dos tributarios. Por ejemplo, la confluencia de una corriente de magnitud 1 y una de magnitud 3 forma una corriente de magnitud 4. La magnitud de cualquier segmento de corriente iguala el número de la magnitud de sus fuentes, lo cual significa que la magnitud Shreve es la relación más simple para predecir el flujo de corriente que otros sistemas de ordenamiento.

**Scheidegger:** Este sistema define para cada segmento un "número entero asociado" (mostrado en la tabla `STREAM_ORDER`), que es dos veces la magnitud Shreve. El orden de las corrientes Scheidegger es el logaritmo de base 2 al número entero asociado.

## PASOS

- en la ventana de Control de Nivel, haga clic en el botón con el icono Mostrar los Detalles para la capa STANDARD FLOW PATHS 
- clic en el botón con el icono Mostrar Tablas para líneas 
- clic en el botón con el icono Mirar la Tabla para la tabla `STREAM_ORDER` 
- en la ventana de la tabla `STREAM_ORDER` seleccione Vista de Registro Único desde el menú tabla
- presione el botón con el icono  Seleccionar en la ventana Vista y seleccione un segmento que drene hacia la esquina inferior derecha del DEM como es mostrado en la ilustración



## Las Cuencas y Caminos del Flujo desde Puntos Semilla

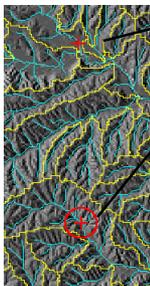
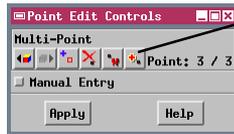
### PASOS

- ☑ elija Cerrar desde el menú Tabla de la ventana de la tabla STREAM\_ORDER
- ☑ clic en el botón con el icono de la herramienta Puntos Semillas, en la parte superior de la ventana Vista
- ☑ apriete el botón izquierdo del mouse en el lecho del mayor valle cerca del centro del área; el cursor aparece con una cruz en círculo y se activa el botón Agregar Nuevo Punto en una ventana de control Edición de Puntos
- ☑ reposicione el cursor si es necesario para ponerlo en la línea de flujo existente, luego clic en el botón Añadir Nuevo Punto para agregar el punto
- ☑ Apriete el botón izquierdo del mouse en un camino de flujo en uno de los valles más pequeños
- ☑ clic en el botón Añadir Nuevo Punto para agregar el punto
- ☑ presione el botón Aplicar en la ventana de control Edición de Puntos, después [NO] en la ventana Verificar

En algunos casos usted podría querer conocer la extensión de una cuenca hidrográfica río arriba desde un punto designado. Por ejemplo, el punto podría representar una muestra de corriente de una localidad donde una anomalía química fue detectada y la cuenca hidrográfica río arriba representa la región conteniendo la fuente potencial. Por otro lado, si un punto fuente de contaminación ha sido identificado, usted podría predecir los caminos del flujo río abajo a lo largo de los cuales el contaminante podría ser dispersado.

La herramienta de los Puntos Semilla le permite identificar uno o más puntos de origen que pueden ser usados para calcular un camino de flujos río abajo, cuencas río arriba o ambos para cada punto. Estas opciones son controladas por los correspondientes botones del panel general en la ventana Análisis de Cuencas Hidrográficas.

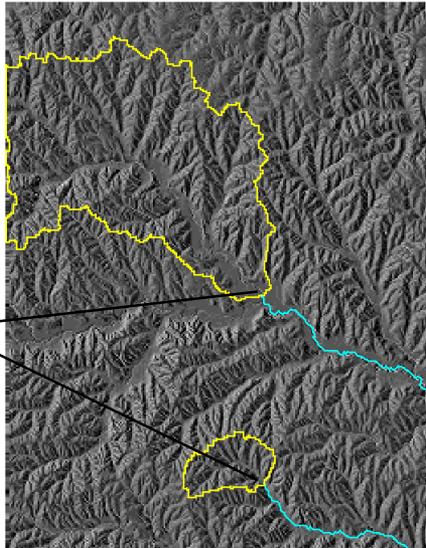
Si usted selecciona la opción Añadir Rápido, cada clic en el botón izquierdo agrega un punto de origen. Aunque esta opción es más rápida, usted no tiene la oportunidad de reposicionar el punto esperado antes de agregarlo



Punto Semilla marcado.

Cursor marcando la localización del punto de origen esperado.

Cuencas calculadas y Caminos del Flujo para dos puntos de origen



- ☑ cuando usted esté listo para retornar al cálculo de los caminos del flujo y cuencas para el DEM completo, simplemente seleccione otra herramienta (tal como Ventana de Zoom) desde la barra de herramientas de la ventana Vista



## Elevación Ajustada

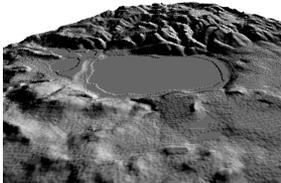
Las depresiones en un DEM son áreas que están completamente rodeadas por elevaciones de alto valor. La subsidencia, los movimientos a lo largo de fallas geológicas, y el avance y retroceso de los glaciares pueden crear depresiones naturales considerables, y actividades tales como la Minería y canteras crean pequeñas depresiones hechas por el hombre. Pero las depresiones naturales son raras en paisajes comunes que son formados principalmente por flujos de corrientes, y consecuentemente la mayoría de las depresiones en un DEM no representan las características reales del paisaje. Ellos son errores en los datos, o resultados complicados en el cálculo promedio en la asignación de los valores de elevación para las celdas de un área finita. Esas falsas depresiones se mezclan con las rutas correctas de los caminos de los flujos durante el análisis de cuencas hidrográficas, especialmente en áreas de relieve bajo.

El proceso de Cuencas Hidrográficas resuelve este problema primero localizando y “rellenando” las depresiones. Esto aumenta el valor de la celda dentro de cada depresión a la elevación de la celda más baja fuera de los límites (el punto fluye o sale), simulando el relleno natural de depresiones con agua para formar charcos y lagos. Cuando usted hace funcionar el proceso de Cuencas Hidrográficas con la opción Rellenar Todas las Depresiones encendida, se crea una versión carente de depresiones en el DEM (ELEVATION, con una descripción del objeto “elevación ajustada”). Este DEM carente de depresiones es usado para calcular los caminos del flujo, cuencas y de cuencas hidrográficas.

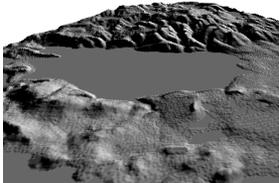
### PASOS

- en el panel Caminos del Flujo y Cuencas, presione el botón con el icono  Fijar a los Valores por Omisión
- en el Panel General encienda el botón Calcular Crestas
- clic en el botón con el icono Ejecutar, después [NO] en la ventana Verificar 
- use el botón con el icono Ocultar / Mostrar en la ventana de control de nivel para ocultar las capas STANDARD FLOW PATHS, STANDARD BASINS Y DEM de entrada
- use los mismos controles para mostrar el raster ADJUSTED ELEVATION (el cual se desplegará sin relieve sombreado)

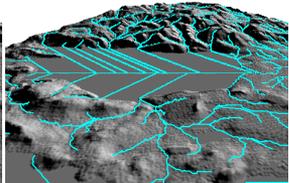
El DEM\_w1 no incluye grandes depresiones naturales como la ilustrada abajo. Tiene muchas depresiones falsas, pero usted necesitará mirar muy minuciosamente para ver alguna diferencia perceptible entre éste y el DEM carente de depresiones.



Perspectiva de la vista de un DEM con relieve sombreado con una gran depresión natural parcialmente llenada de agua para formar un charco (superficie gris uniforme en el centro). El nivel de agua es más bajo que la salida natural más baja (punto de flujo).



Perspectiva de la vista de un área correspondiente a un DEM carente de depresión. Las elevaciones en la depresión han sido elevadas hasta el nivel del punto de flujo más bajo, simulando el relleno completo con agua.



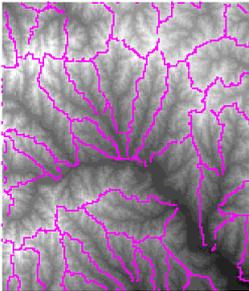
Caminos del flujo calculados en el DEM carente de depresiones. Los caminos del flujo son encaminados a través de las áreas llanas creadas por el relleno de depresiones, uniendo corrientes de entrada y corrientes de salida.

## Otros Productos de Cuencas Hidrográficas

### PASOS

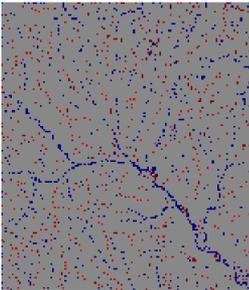
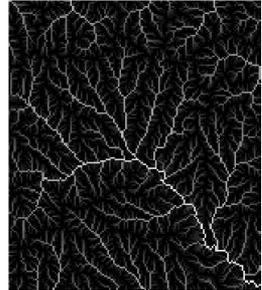
- use el Control de Nivel para mostrar el objeto STANDARD RIDGES
- oculte las capas STANDARD RIDGES y ADJUSTED ELEVATION, luego aparecen las otras capas tratadas abajo

El proceso de Cuencas Hidrográficas también produce otros objetos vectoriales y muchos objetos raster. Algunos de esos productos muestran aspectos particulares del terreno y pueden ser usados para análisis especializados, pero otros son principalmente objetos intermediarios usados para producir los objetos discutidos previamente. Más información detallada sobre esos objetos puede ser encontrada en el Manual de Referencia de TNTmips.



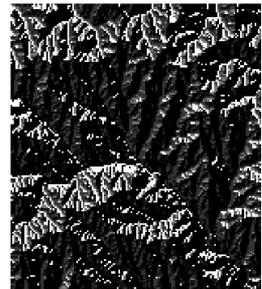
Las líneas en el objeto vector standard ridges (desplegadas aquí sobre el DEM carente de depresiones) siguen la división topográfica que separa diferentes cuencas hidrográficas y cuencas. Porciones de la cuenca limítrofe que cruzan laderas uniformes o áreas llanas no están incluidas como segmentos de línea de cadenas.

Los tonos más brillantes en el raster de acumulación de Flujos indican valores de alta acumulación de flujos y traza el patrón de ramificación de los potenciales caminos del flujo. El objeto intermedio es usado para generar el objeto vector del camino del flujo y las cuencas hidrográficas y los límites de la cuenca.



El raster con las áreas llanas y puntos extremos indica la localización y el tipo de los valores de elevación localmente significativos en el DEM original. Para apreciar su significado, cada elevación es comparada con sus 8 vecinos más cercanos. La mayoría de las celdas no son significativas y son mostradas en gris. Las celdas que han sido aisladas (simple) con los valores máximo local o mínimos son mostradas en rojo brillante y azul brillante, respectivamente. Las celdas que son parte de grupos contiguos formando máxima local o mínima son mostradas en rojo oscuro y azul oscuro. Las áreas llanas están en amarillo.

Otros dos objetos raster temporales son creados en el proceso de Cuencas Hidrográficas. Los valores en las direcciones del flujo del raster (mostrados a la derecha) codifican la dirección local del flujo relativo a las 8 celdas circundantes. El valor de la dirección aumenta en el sentido de las agujas del reloj desde arriba a la derecha hacia arriba. Este raster es usado a lo largo con el raster de acumulación de flujo para producir los objetos vectores del camino del flujo final y cuencas. El raster de cuencas hidrográficas (no mostrado) contiene una celda con valor único para cada cuenca hidrográfica.



## El Uso de los valores nulos para limitar el Procesamiento

El proceso de cuencas hidrográficas rastrea cuencas hidrográficas, caminos del flujos y cuencas hasta el margen del raster DEM o a los límites entre valores de elevación válidos y *valores nulos*. Un valor nulo es un valor numérico específicamente-designado que es comúnmente usado para representar celdas “en blanco” o “sin datos” en un objeto raster. Por ejemplo, un DEM que ha sido remuestreado en una proyección de mapa podría ser rotado así los valores de elevación válidos no llenan la extensión rectangular completa del objeto raster, dejando áreas “blancas” en los márgenes y esquinas que son representados por un valor nulo. Esas áreas nulas son automáticamente excluidas desde el procesamiento en el proceso de cuencas hidrográficas, y ellas son desplegadas transparentemente en la ventana Vista.

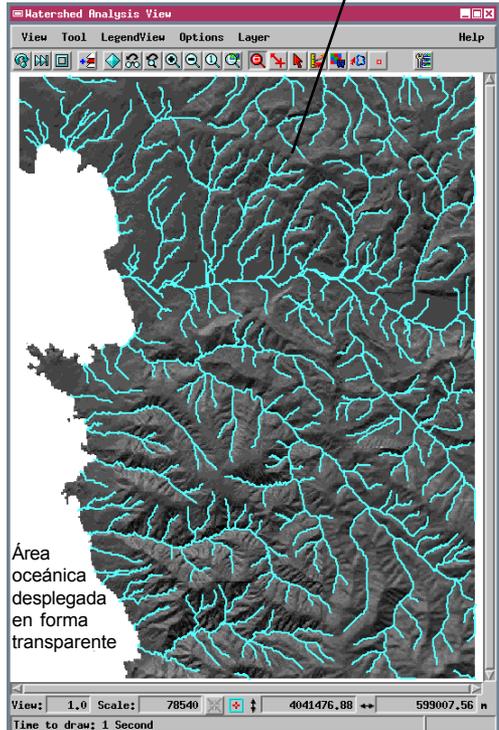
En un DEM de un área costera el océano es normalmente representado por celdas con un valor 0, el cual por supuesto es el valor de elevación que representa el nivel medio del mar. Pero ya que los sistemas de drenaje real terminan en la línea costera, no hay razón para incluir las áreas oceánicas en el análisis. Como es mostrado por el DEM en este ejercicio, cambiando el valor nulo para el DEM a 0 usted puede automáticamente excluir las áreas oceánicas desde el proceso. (Los DEM son usualmente raster signados de 16 bit con una celda de valor nulo por defecto de -32768)

Usted puede poner un valor como nulo para un objeto raster usando el proceso mantenimiento del archivo de proyecto (Soporte / Mantenimiento / Archivo de Proyecto). Seleccione el objeto deseado y haga clic en el botón Editar para abrir la ventana de información de edición del objeto. Encienda el botón Tiene un Valor Nulo e ingrese el valor deseado en el campo de texto.

### PASOS

- presione [Ingresar Objeto...] en la ventana Análisis de Cuencas Hidrográficas, después [No] en la ventana Verificar
- use el diálogo Seleccionar Objeto para seleccionar DEM\_w2 desde el Archivo de Proyecto WATERSHD
- apague el botón Calcular Crestas en el Panel General
- presione el botón con el icono  Ejecutar

Caminos del Flujo Estándar para dem\_w2 (La capa con Cuencas Estándar ha sido ocultada).



# Enmascarar Partes del DEM

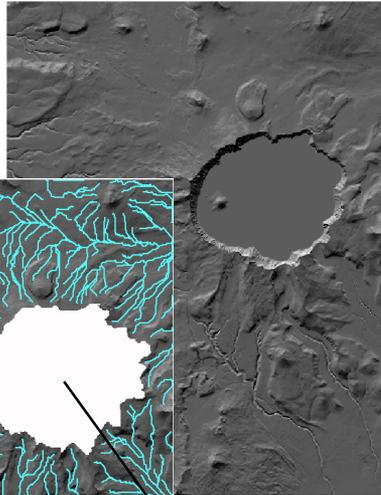
## PASOS

- presione [Ingresar Objeto...] en la ventana **Análisis de Cuencas Hidrográficas**, después [No] en la ventana **Verificar**
- use el diálogo **Seleccionar Objeto** para seleccionar **DEM\_W3** desde el **Archivo de Proyecto WATERSHD**
- en el **Panel de la Máscara**, clic [Excluir]
- En la ventana **Seleccionar Objeto**, seleccione el objeto regional **BASINREGION** desde el **Archivo de Proyecto WATERSHD**
- Si la ventana **Vista** no redibuja automáticamente para mostrar el área enmascarada transparente, presione el botón con el icono  **Redibujar**
- presione el botón con el icono  **Ejecutar**

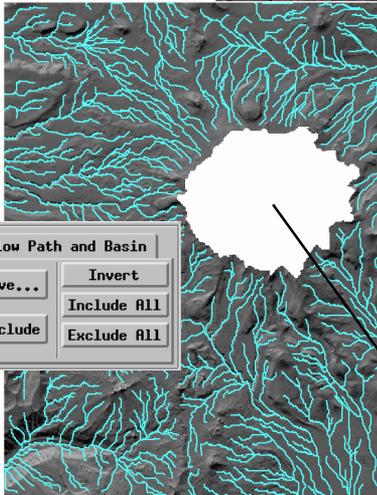
Otra forma de limitar el proceso para partes de un DEM es el uso de la capacidad de enmascarar del proceso de Cuencas Hidrográficas. Una máscara es un raster binario que contiene un valor de 1 para cada celda que será procesada y un valor 0 para celdas que serán excluidas. Usted puede usar una máscara para excluir un área particular que abarca un rango de valores de elevación. En el ejemplo del Lago Cráter (Oregon, USA) usado en este ejercicio, nosotros podríamos estar interesados en los patrones de drenaje en el área circundante al cráter y querer excluir la superficie del lago y las paredes interior del cráter.

Usted puede cargar un raster de máscara que ha preparado fuera del proceso de Cuencas Hidrográficas presionando el botón **Cargar** en el panel de la máscara. La opción usada en cambio en este ejercicio es para usar un raster de máscara interno temporal creado desde uno o más objetos región. Un objeto región puede modificar la máscara interna para designar el área a incluir en el proceso o un área para excluir del proceso

Usted puede generar objetos región dentro del proceso Cuencas Hidrográficas usando una variedad de métodos estándar; para mayor información, vea el folleto *Cómo Comenzar: Análisis de Regiones Interactivo*. Usted debe guardar cualquier nueva región creada para un Archivo de Proyecto antes que usted pueda seleccionarla usando los botones **Incluir** o **Excluir**.



Presione (**Incluir**) para seleccionar una región que trace un área que usted quiera incluir en el proceso.



La región usada en este ejercicio fue creada por el uso del método **Generación Regional de Cuencas**.

## Procesos de Depresiones Secuencialmente

Cuando usted hace funcionar el proceso de Cuencas Hidrográficas con la opción Rellenar Todas las Depresiones apagada, el proceso toma un camino secuencial para llenar las depresiones y encontrar las líneas divisorias de cuencas. En el proceso inicial rellena todas las depresiones con celdas simples en la superficie del DEM original para crear un raster con elevaciones ajustadas. Si usted presiona el botón Ejecutar otra vez, el proceso intenta rellenar todas las depresiones restantes. En muchos casos, sin embargo, pequeñas depresiones podrían ser anidadas dentro de otras más grandes. Como estas pequeñas depresiones son rellenadas ellas se mezclan en depresiones residuales más grandes. Estas complejas relaciones podrían no ser resueltas en un simple proceso, así esto puede tomar muchos procesos para rellenar todas las depresiones. Solamente cuando todas las depresiones sean rellenadas el proceso calcula y despliega las trayectorias de flujos y cuencas.

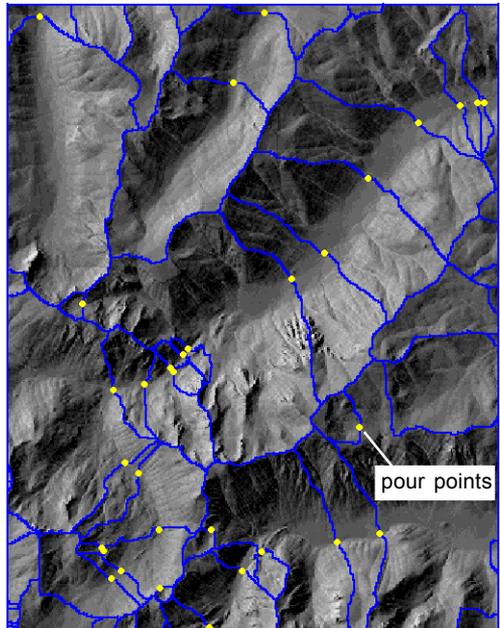
Si todas las depresiones no son rellenadas al final del proceso, un conjunto de polígonos de cuencas hidrográficas son desplegados automáticamente en la ventana Vista. Algunas de esas cuencas hidrográficas drenan hasta los márgenes del raster (o hasta celdas límites), mientras otras drenan en una depresión restante en el DEM ajustado. Los símbolos de puntos amarillos en el objeto vector de las cuencas hidrográficas indican las localizaciones de los puntos de flujo a lo largo de los límites de las cuencas hidrográficas conteniendo una depresión. Un punto de flujo es el punto a través del cual el agua se derramaría río abajo sobre la cuenca hidrográfica si la depresión fuera completamente rellenada.

Ejecutando el proceso de Cuencas Hidrográficas secuencialmente, usted puede investigar las características de las cuencas hidrográficas y depresiones en cada etapa e identificar depresiones que son rasgos naturales del paisaje mejores que los artefactos del DEM

### PASOS

- presione [Ingresar Objeto...]
- clic [No] en la ventana Verificar si usted no quiere guardar sus resultados previos
- seleccione DEM\_w4 desde el Archivo de Proyecto WATERSHD
- apague el botón Rellenar Todas las Depresiones del Panel General
- presione el botón con el icono  Ejecutar

El DEM usado es esta serie de ejercicios tiene un tamaño de celda de 30 metros y muestra un terreno montañoso el cual ha sido modificado enormemente por la erosión glacial. Las depresiones naturales y lagos son comunes en valles glacialmente erosionados tales como estos.

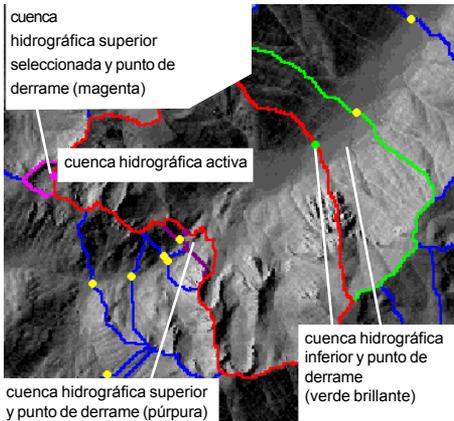


# Relaciones de las Cuencas Hidrográficas

**PASOS**

- presione el botón con el icono  Seleccione Cuenca Hidrográfica en la parte superior de la ventana Vista
- clic con el botón izquierdo del mouse dentro del gran polígono en el centro del DEM 
- clic en el botón con el icono Atributos de la Cuenca Hidrográfica en la ventana de Análisis de Cuencas Hidrográficas 

Cuando las depresiones permanecen en el raster de elevación ajustada, una gran cuenca puede ser dividida en un número de polígonos individuales de cuencas hidrográficas. Un polígono de cuenca hidrográfica particular puede tener una o más cuencas hidrográficas río arriba que drenaría dentro si fueran llenadas sus depresiones. La misma cuenca hidrográfica podría también drenar en una cuenca hidrográfica río abajo (o menos comúnmente más de una) si su depresión es rellenada. Esas relaciones son desplegadas gráficamente cuando usted usa la herramienta Seleccione Cuenca Hidrográfica para seleccionar un polígono de cuencas hidrográficas. La *cuenca hidrográfica activa* y sus vecinos superior e inferior son mostrados en diferentes colores destacados. Una



cuenca hidrográfica superior vecina (si hay alguna) es automáticamente designada en la *cuenca hidrográfica superior seleccionada* y mostrada en un color destacado diferente que permanece en las *cuencas hidrográficas superiores*; el mismo sistema es usado para múltiples cuencas hidrográficas inferiores.

Usted puede usar los botones con los iconos en la ventana Atributos de la Cuenca Hidrográfica (ilustrados abajo) para usar esas relaciones hidrológicas y cambiar la selección activa de las cuencas hidrográficas

**Watershed Attributes**

Watershed	Outflow	Area	Min Z	Boundary
	Inflow	Perimeter	Max Z	Min Z
11	YES	7799400	2294.00	2301.00
	YES	16920	3411.00	
12	NO	135900	2974.00	2974.00
	NO	2100	3054.00	
13	NO	1806300	2230.00	2230.00
	YES	10380	2907.00	
14	YES	1317600	2241.00	2242.00
	YES	9000	2794.00	
15	YES	213300	2241.00	2242.00
	NO	3300	2775.00	
16	YES	14590800	2346.00	2348.00
	YES	23700	3568.00	

**Watershed**

Total: 63  
Active: 16

Lower Pours

Number: 1  
Index: 1  
Current: 23

Upper Pours

Number: 2  
Index: 4  
Current: 6

Close Help

- Derrame Inferior Previo
- Mover Hacia Derrame Inferior
- Próximo Derrame Inferior
- Derrame Superior Previo
- Mover Hacia Derrame Superior
- Próximo Derrame Superior

## Depresiones y Atributos de los Puntos de Derrame

El Panel Depresión en la ventana Análisis de las Cuencas Hidrográficas muestra el número total de depresiones y puntos de derrame para la fase de análisis corriente. El área y volumen de depresiones individuales son mostrados en la ventana Atributos de Depresión, donde las depresiones son identificadas por el número de sus polígonos de cuencas hidrográficas. La cuenca hidrográfica activa está destacada en la ventana Atributos de Depresión y Atributos de las Cuencas Hidrográficas con el mismo color usado en la ventana Vista. Por ejemplo, la cuenca hidrográfica seleccionada en el ejercicio previo es número 16, y ésta incluye una depresión que cubre 10800 metros cuadrados. El DEM de entrada tiene un tamaño de celda de 30 metros, así el área de una solo celda es 900 metros cuadrados. La división del área de la depresión por el área de la celda muestra que esta depresión cubre un raster de 12 celdas.

### PASOS

- clic en el panel Depresión en la ventana Análisis de Cuencas Hidrográficas
- presione el botón  con el icono Atributos de Depresión en la ventana Análisis de Cuencas Hidrográficas
- presione el botón  con el icono Verter Atributos
- mueva hacia abajo en la ventana Verter Atributos para mostrar el punto 23

General	Mask	Depression	Flow Path and Basin
Depressions:	32	<input type="checkbox"/> Fill Upper Depressions	
Total Pours:	32	<input type="checkbox"/> Fill Lower Depressions	
Double Pours:	3	<input type="checkbox"/> Fill Double Depressions	

Watershed	Area	Volume
10	227700	990000
11	134100	475200
14	9000	9000
15	2700	2700
16	10800	15300
18	64800	228600
19	1800	1800
20	6300	9900
21	5400	5400
29	2700	2700
30	1800	1800
31	15300	28800

Depression	
Total	32
Active	16

La identificación de los números de los puntos de derrame superior e inferior por la cuenca hidrográfica activa es destacada en la ventana Verter Atributos con los colores apropiados. Las columnas izquierda y derecha registran los números de las cuencas hidrográficas que se extienden en los respectivos lados del vector línea separándolos (relativo a la dirección arbitraria de esta línea en la topología del vector). Las flechas indican la dirección del flujo potencial a través del punto de derrame. En este ejemplo, el punto de derrame 23 es el punto de derrame inferior seleccionado para la cuenca hidrográfica 16, la cual drena hasta la cuenca hidrográfica 21.

Pour	Left	Flow	Right	Z
17	11	→	10	2301.00
18	14	←	9	2252.00
19	15	↔	14	2242.00
20	20	←	18	2568.00
21	33	→	18	2716.00
22	31	←	20	2534.00
23	16	→	21	2348.00
24	30	↔	29	2494.00
25	30	←	31	2509.00
26	32	→	31	2510.00
27	40	←	39	2284.00
28	38	→	40	3215.00

Pour	
Total	32
Double	3
Active	0
Lower	23
Upper	6

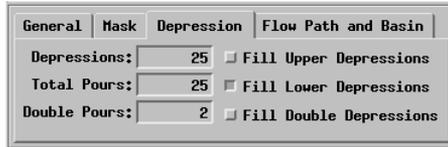
# Rellenar Depresiones Selectivamente

## PASOS

- cerrar las ventanas Verter Atributos, Atributos de Depresión y Análisis de Cuencas Hidrográficas presionando sus respectivos botones Cerrar
- en el panel Depresión de la ventana Análisis de Cuencas Hidrográficas, activar el botón Rellenar las Depresiones Inferiores
- presione el botón con el icono Ejecutar, después [NO] en la ventana Verificar

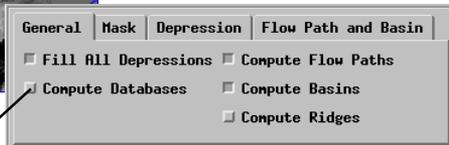
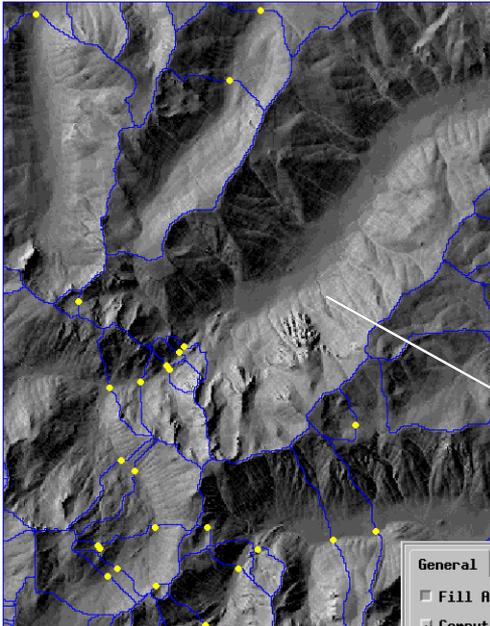


Cuando Usted ha seleccionado un polígono con cuencas hidrográficas con la herramienta Seleccionar Cuenca Hidrográfica, usted puede ejecutar el proceso de cuencas hidrográficas de nuevo para llenar solo la depresión en que la cuenca hidrográfica o aquellas cuencas hidrologicamente relacionadas con esto como fuentes. Estas opciones son controladas por los botones en el panel Depresión.



La opción de relleno de las depresiones superiores llena las depresiones en el polígono de la cuenca hidrográfica seleccionada y en todas las cuencas hidrográficas río arriba desde éste. La opción de relleno de las depresiones inferiores llena las depresiones en el polígono de cuencas hidrográficas seleccionadas y en todas las cuencas hidrográficas río abajo desde éste. Si ninguno de estos botones es activado, entonces sólo la depresión en el polígono seleccionado es relleno. (Si ninguno de los polígonos de cuencas hidrográficas es seleccionado, todos los polígonos de la cuenca hidrográfica son procesados).

Nuevos polígonos de cuencas hidrográficas se crearon por el relleno de las depresiones en el polígono de cuencas hidrográficas seleccionadas y aquellas río abajo desde éste. Otras cuencas hidrográficas no fueron afectadas.



Para guardar los datos de cuencas hidrográficas, depresiones y puntos de derrame como las tablas de base de datos adjuntos, encienda el botón Calcular Base de Datos antes de ejecutar el análisis de cuencas hidrográficas.

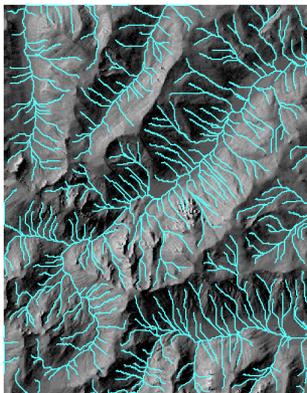
# Depresiones Dobles y Puntos de Derrame

Si dos depresiones adyacentes comparten un punto de derrame, y ninguna tiene otro punto de derrame que sea inferior a la elevación que están compartiendo, entonces las dos depresiones forman una *Depresión doble*. El punto de derrame que ellas comparten es nombrado *un punto de derrame doble*. Si cualquiera de estas dos depresiones es llenada, se derramará sobre el derrame doble en otro miembro de la depresión doble. Sólo cuando ambos miembros son llenados fluirán en forma continua en las cuencas hidrográficas río abajo.

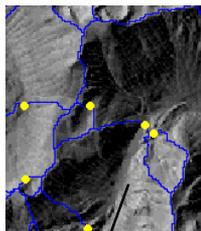
La cuenca hidrográfica y la depresión seleccionadas en este ejercicio forman parte de una doble depresión. El punto de derrame 24 es el punto de derrame doble que une dos miembros. Los puntos de derrame doble están indicados en la ventana Verter Atributos por una flecha de doble punta azul

23	40	←	37	2862,00
24	54	↔	42	2515,00
25	43	→	36	3123,00

Usted puede escoger llenar sólo depresiones dobles activando el botón Rellenar las Depresiones Dobles y después ejecutar el proceso. Estas opciones llenan todos los pares de depresiones dobles dentro del DEM sin considerar algún conjunto de polígonos de cuencas hidrográficas que usted pudiera haber seleccionado (a diferencia de otros botones en el panel Depresión)



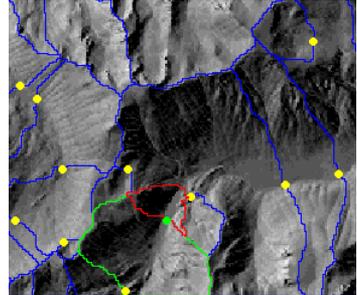
Caminos del Flujo finales para el DEM



El Relleno fusiona las depresiones dobles. Para el ejemplo de arriba las cuencas hidrográficas unidas drenan el nor-este a través de un punto de derrame al valle principal.

## PASOS

- seleccione el polígono de cuencas hidrográficas pequeño cerca del centro abajo del DEM, como se muestra en la ilustración más abajo



- clic en el botón con el icono Verter Atributos 
- en la ventana Verter Atributos mover la barra hacia abajo para mostrar el punto de derrame 24
- en el panel Depresión de la ventana Análisis de Cuencas Hidrográficas apague el botón Rellenar las Depresiones Inferiores y active el botón Rellenar las Depresiones Dobles
- presione el botón con el icono Ejecutar, después [No] en la ventana Verificar
- apague el botón Rellenar las Depresiones Dobles 
- presione el icono con el botón Ejecutar, después [No] en la ventana Verificar; este funcionamiento debería producir caminos del flujo 

# Software Avanzado para el Análisis Geoespacial

MicroImages, Inc. publica una completa línea de software profesional una avanzada visualización de datos geospaciales, análisis, y publicación. Contáctenos o visite nuestro sitio web para una información detallada de los productos.

**TNTmips** TNTmips es un sistema profesional para una completa integración GIS, análisis de imágenes, CAD, TIN, cartografía de escritorio, y manejo de Base de Datos geospaciales.

**TNTedit** TNTedit proporciona herramientas interactivas para crear, georeferenciar, y editar vectores, imágenes, CAD, TIN, y base de datos relacionales del material de sus proyectos en una amplia variedad de formatos.

**TNTview** TNTview tiene las mismas poderosas características de despliegue de TNTmips y es perfecto para aquellos que no necesitan el procesamiento técnico ni las características de preparación de TNTmips.

**TNTatlas** TNTatlas le permite publicar y distribuir el material de sus proyectos en CD-ROM a bajo costo. Los CDs de TNTatlas pueden ser usados en cualquiera de las plataformas de computación más comunes.

**TNTserver** TNTserver le permite publicar sus TNTatlas en Internet o en su intranet. Navegue a través de atlas de geodatos con su navegador web y el applet TNTclient Java.

**TNTlite** TNTlite es una versión gratis de TNTmips para estudiantes y profesionales con pequeños proyectos. Usted puede descargar TNTlite desde el sitio web de MicroImages, o lo puede ordenar en CD-ROM.

## Índice

elevación ajustada.....	11	camino del flujo.....	5,7,8,13
cuenca		desde punto semilla.....	10
desde punto semilla.....	10	parámetro de entrada.....	7
parametro.....	8	enmacarar un raster.....	14
polígonos.....	8,10,13	valores nulos.....	13
objeto cuenca.....	5	parámetro de salida.....	7
parametro de bifurcación.....	7	punto de derrame.....	15-19
depresión.....	4,11,15-19	atributos.....	17,19
atributos.....	17	doble.....	19
doble.....	19	crestas.....	12
rellenado.....	4,11,15-19	puntos semilla, cuencas hidrográficas.....	10
rellenado secuencial.....	15-19	orden de corrientes.....	9
panel.....	17	polígono cuenca hidrográfica.....	5,6,13,15,19
acumulación del flujo.....	7,8,12	atributos.....	6,16
direcciones del flujo.....	12	selección.....	6,16



GeoVectra S.A.  
Granada 2101, Ñuñoa, Santiago de Chile  
(56-2) 341-84-32  
www.geovectra.cl

## MicroImages, Inc.

11th Floor - Sharp Tower  
206 South 13th Street  
Lincoln, Nebraska 68508-2010 USA

Voice: (402) 477-9554  
FAX: (402) 477-9559

email: [info@microimages.com](mailto:info@microimages.com)  
internet: [www.microimages.com](http://www.microimages.com)