

4 Evaluación de la amenaza por deslizamientos

Este ejercicio se refiere a la evaluación de la distribución de deslizamientos en un sector de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras. El ejercicio está dividido en dos partes:

- En la primera parte del ejercicio usted utilizará una imagen estereoscópica digital para la interpretación de deslizamientos y su digitalización en pantalla. Para el proceso de interpretación usted puede utilizar una imagen anaglifo o utilizar el estereoscopio de pantalla (screen-stereoscope). La interpretación de deslizamientos se concentrará en la delimitación de los grandes deslizamientos inactivos que se observan en el área.
- En la segunda parte del ejercicio se trabajará en la generación de un mapa simple de amenaza por deslizamientos utilizando un análisis estadístico, considerando únicamente dos parámetros: pendiente y litología.

4.1 Digitalización en pantalla de deslizamientos utilizando una imagen estéreo

Tiempo requerido: 2 horas

Objetivos:

- Digitalización en pantalla de los deslizamientos que pueden ser identificados en la orto-imagen (imagen corregida por distorsión geométrica).
- Crear un mapa de segmentos y un mapa de puntos, los cuales serán utilizados en la creación de un mapa de polígonos.
- Discutir acerca de los factores responsables de la generación de deslizamientos en el área.

Datos requeridos:

- Orto-imagen: **Ortho_tegu** (año 200?), (imagen raster)
- Imagen estereo en color, para ser usada con el estereoscopio de pantalla: **Ortho_stereo**
- Imagen estereo en blanco y negro, para ser usada como anaglifo: **Ortho_stereo_bw**
- Mapa de deslizamientos: **Landslide_map** (mapa de segmentos). Este mapa es preparado combinando varios mapas del inventario existente de deslizamientos.

Para la ciudad de Tegucigalpa se dispone de varios mapas en formato digital que describen el inventario de deslizamientos. Sin embargo, estos mapas no contienen los mismos deslizamientos. En algunos casos los deslizamientos mapeados son bastante cuestionables, mientras que en otros los deslizamientos no han sido mapeados. En consecuencia, durante el ejercicio realizaremos una revisión de los deslizamientos con la ayuda de la imagen anaglifo.



- Abra el mapa **Ortho_tegu_bw** utilizando la opción “anaglyph map”. Agregue el mapa de segmentos **Landslide_map**. Realice un acercamiento en algunas de las áreas con deslizamientos. Use las gafas para lograr una visualización en estereo del anaglifo.

- Como usted puede observar, los deslizamientos no han sido mapeados de manera precisa. Gran cantidad de trabajo de edición se requeriría y nuevos deslizamientos tendrían que ser agregados.
- En la ventana del mapa **Ortho_tegu** seleccione *Edit / Edit layer* y seleccione el mapa de segmentos **Landslide_map**
- A continuación usted debe digitalizar en pantalla las fronteras de los deslizamientos que usted pueda reconocer. Dada la resolución espacial de la imagen disponible, es posible distinguir claramente los diferentes deslizamientos utilizando las imágenes anaglifo o utilizando un estereoscopio de pantalla. Use el lápiz en el menú de edición (pen - editor menu) para digitalizar los nuevos deslizamientos. Use la mano pequeña para borrar los segmentos que no son correctos. Haga una comparación utilizando la vista en tres dimensiones del anaglifo.



- Asegúrese de que todas líneas están conectadas (polígonos cerrados).
- Cuando termine de digitalizar un segmento, seleccione el segmento con el *Select Mode* icon (la mano) y escoja la clase correcta (**Landslides**). Después seleccione el icono *Insert Mode* icon (el lápiz) y digitalice el siguiente segmento.
- Cuando usted esta satisfecho con las líneas digitalizadas en el mapa, usted debe darles un nombre diferente (**Landslides**). Click sobre el segmento con el icono *select mode* (la mano), haga click en el botón derecho y seleccione *Edit*. Después seleccione el nombre **Landslide** de la lista.

Un ejemplo de la interpretación de deslizamientos es presentado en la parte inferior.



- ☞
- Cuando haya terminado con la interpretación de deslizamientos, usted tendrá que generar un nuevo mapa de segmentos, el cual debe contener únicamente aquellos segmentos que usted agregó. Cierre el editor. Seleccione del menú: *Operations / Vector Operations / Segments / Mask Segments*. Seleccione el mapa de segmentos **Landslide_map**, escriba en la opción “mask” **Landslides** (asegúrese que el nombre es igual al utilizado en el dominio), asigne en nombre **Landslides** para el mapa de salida. Únicamente aquellos segmentos con el código Landslides serán copiados al nuevo mapa.
 - Antes de que usted pueda editar el nuevo mapa **Landslides**, debe romper la dependencia (en la ventana de propiedades).
 - Antes de generar el mapa de polígonos se debe chequear la topología de los segmentos. Abra el mapa **Landslides**. Vaya al menu *File* y seleccione *Check Segments*. Select *Self Overlap*. Corrija todos los errores. solicite ayuda al instructor para que lo asista la primera vez.
 - Luego revise los segmentos usando *Dead Ends*, y *Intersections*. Corrija todos los errores. Cuando haya terminado cierre el editor.
 - El paso siguiente es la creación de la etiquetas (puntos con la etiqueta) para los polígonos que van a ser creados. Abra el mapa **Ortho_tegu**, y agregue el mapa de segmentos **Landslides**. Luego vaya a *File / Create Point Map*. Denomine el nuevo mapa de puntos **Landslides**, y cree un dominio clase **Landslides**, conteniendo los nombres indicados en la siguiente tabla.

Table 4.1: Tipos de deslizamientos

Code	Name
Bf	Body of fossil landslide
Bre	Body of reactivated landslide
Br	Body of recent landslide
PL	Possible landslide
PLA	Potential landslide area
Sf	Scarp of fossil landslide
Sre	Scarp of reactivated landslide
Sr	Scarp of recent landslide

- ☞
- Digitalice un punto al interior de cada polígono, y asígnele uno de los nombres indicados en la tabla 4.1. haga lo mismo para todos los polígonos que usted identifico. Asegúrese de no olvidar ningún polígono. Cuando haya finalizado cierre el editor.
 - El paso siguiente es la creación del mapa de polígonos. En la ventana principal vaya a *Operations / Vectorize / Segments to Polygons* . Seleccione el mapa de segmentos **Landslides**, etiquetas (label point file): **Landslides**, y nombre del mapa de salida **Landslides** (es un mapa de polígonos y por lo tanto usted puede utilizar el mismo nombre del mapa de puntos y segmentos).
 - Revise el resultado. Si todavía encuentra errores, debe editar

nuevamente el mapa de segmentos, el mapa de puntos o ambos, y luego actualizar el mapa de polígonos (usando la ventana de propiedad, dependency property). Cuando haya terminado vaya a la opción "File" y seleccione Exit Editor

Después de haber realizado la interpretación, cuales son sus conclusiones con respecto a las causas mas importantes para la ocurrencia de deslizamientos en el área de estudio?

4.2 Evaluación estadística de la amenaza por deslizamientos

El método esta basado en la siguiente formula:

$$\ln W_i = \ln \left(\frac{\text{Densclas}}{\text{Densmap}} \right) = \ln \left(\frac{\frac{\text{Area}(S_i)}{\text{Area}(N_i)}}{\frac{\sum \text{Area}(S_i)}{\sum \text{Area}(N_i)}} \right) \quad [4.1]$$

donde,

$W_i =$	el peso asignado a un parámetro específico (e.g. un tipo de roca o una clase de pendiente).
$\text{Densclas} =$	La densidad de deslizamientos para la clase o parámetro considerado.
$\text{Densmap} =$	La densidad de deslizamientos para el área de estudio.
$\text{Area}(S_i) =$	área, con presencia de deslizamiento, en la clase o parámetro considerado (área ocupada por los deslizamientos).
$\text{Area}(N_i) =$	área total, dentro de la zona de estudio, para el parámetro considerado.

El método está basado en el cruce de un mapa de deslizamientos con un determinado parámetro (mapa). Como resultado del cruce de los mapas se obtiene una tabla de cruce (cross table), la cual puede ser utilizada para calcular la densidad de deslizamientos para cada tipo de parámetro. Una estandarización de los valores de densidad de deslizamientos puede obtenerse relacionando las densidades parciales (para cada parámetro) con la densidad general para el área de estudio. La relación puede realizarse utilizando operaciones de división o sustracción. En este ejercicio la densidad de deslizamientos para cada clase es dividida por la densidad de deslizamientos para la totalidad del área. El logaritmo natural es usado para dar un peso negativo cuando la densidad de deslizamientos es más bajo de lo normal, y positivo cuando sea más alto de lo normal. Combinando dos o más mapas ponderados (of weight-values) se puede generar un mapa de susceptibilidad. Los valores del mapa de susceptibilidad se obtienen agregando (sumando) los valores obtenidos de manera separada para cada uno de los parámetros. Un esquema del método es presentado en la figura 5.1.

Tiempo requerido: 2.5 horas

Datos requeridos:

- Un mapa de deslizamientos, preparado en forma similar al realizado en el ejercicio anterior. Usted puede utilizar su propio mapa o copiar el mapa **Slides** del directorio /results en su directorio de trabajo.
- Un mapa de pendientes, el cual fue calculado a partir del modelo de elevación digital (DTM) creado por interpolación de las curvas de nivel. Mapa **Slope** (raster)
- Un mapa de unidades litológicas para el área de estudio. Mapa: **Lithology** (Polígonos + tabla).

4.2.1 Visualización de los datos de entrada

En este ejercicio el mapa de amenaza por deslizamientos es preparado utilizando solo dos mapas parámetro: **Lithology** (geología) y **Slope** (pendiente del terreno en grados). Los deslizamientos están representados en el mapa **Slides**

Bivariate statistical analysis

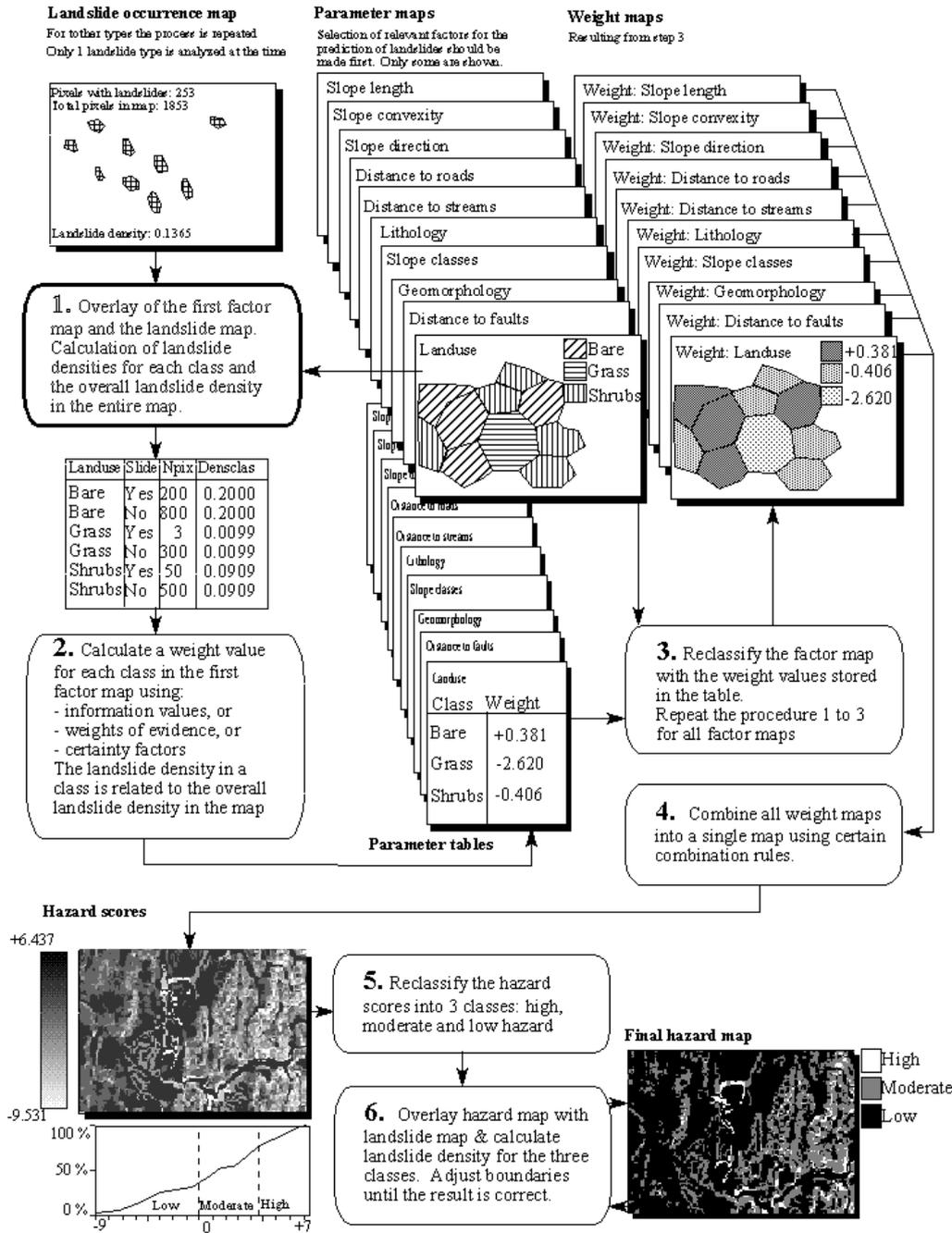


Figure 1: Diagrama de flujo simplificado para el análisis estadístico de los deslizamientos. En este ejercicio solo dos mapas de entrada son utilizados.



- Abra el mapa **Otho_tegu** y agregue la capa **Slides**. Click OK en la ventana de diálogo **Display Options**. El mapa es desplegado.

Además del mapa de deslizamientos también se dispone de otros dos mapas (parámetros): **Lithology** (unidades geológicas) y **Slope** (inclinación del terreno en grados).



- Abra el mapa **Lithology** y consulte la información del mapa y de la tabla acompañante.
- Agregue los mapas **Lithology** y **Slope** a la ventana de información (pixel information window). Cuando usted mueve el cursor sobre el mapa, usted puede simultáneamente leer la información correspondiente a los tres mapas y las respectivas tablas.
- Abra también el mapa **Slope** y revise su contenido. El mapa **Slope** todavía requiere ser clasificado en clases (representativas para la amenaza por deslizamiento). Cree un dominio clase (grupo) y llámelo **Slopecl**. En este dominio agregue las clases de pendiente a diferenciar. Usted puede definir clases usando intervalos de 10 grados (0-10, 10-20, 20-30,....).
- Seleccione de la ventana principal: *Operations / Image Processing /Slicing*. Seleccione el mapa raster **Slope**, y el dominio **Slopecl**. Denomine el mapa de salida **Slopecl**.
- Cierre el mapa y la ventana de información
- Para que los mapas puedan ser utilizados en el análisis, estos deben ser rasterizados. Rasterice los mapas **Slides** y **Lithology**. Seleccione en la ventana principal *Operations / Rasterize / Polygon to Raster*. Seleccione el mapa de polígonos **Slides**, la georeferencia **Tegucigalpa** y asigne el nombre: **Slides** al mapa de salida. Haga lo mismo para el mapa **Lithology**. Verifique los resultados

Hasta el momento solo nos hemos concentrado en la revisión del contenido de los mapas. A partir de este momento empezaremos con el verdadero análisis. Un análisis estadístico debe ser hecho utilizando deslizamientos que compartan las mismas características. Esta es la razón por la cual separaremos los deslizamientos inactivos (fossil) de los que aun están activos. Para hacer esto utilizamos la siguiente formula en la línea de comando (map calculation formula).



- En el análisis únicamente serán utilizados las clases **Br** (masa deslizada de deslizamientos recientes) y **Sr** (escarpes de los deslizamientos recientes). Ver tabla 4.1. A continuación prepararemos un mapa en el cual estas clases tendrán un valor de 1 y las demás áreas (incluyendo las áreas que no presentan deslizamientos) un valor de cero (0). Escriba la siguiente formula en la línea de comando:

Active:=iff(isundef(slides),0,iff((slides="br")or(Slides="sr")),1,0)

- Lo cual traduce: si el mapa **slides** tiene valores indefinidos (?) en las áreas de no deslizamientos, entonces asigne el valor cero(0). Si el mapa **slides** tiene el código Br o Sr, entonces asigne el valor 1. Para los otros deslizamientos asignamos el valor de cero (0).
- El mapa de salida **Active** tiene un dominio valor , con un mínimo de 0, máximo de 1 y precisión de 1.



- **Ejercicio adicional:**
- A propósito, si quiere saber como se prepara el mapa de pendientes, a continuación explicamos el procedimiento:
- 1. Aplicar una operación de filtro (filter operation) sobre el mapa Topo_dem. Primero el filtro DFDX (llame el mapa también DFDX) y luego el filtro DFDY (use el nombre DFDY para el mapa de salida).
- 2. escriba en la línea de comando:

$$\text{SLOPEPCT} = 100 * \text{HYP}(\text{DFDX}, \text{DFDY}) \text{ and}$$

$$\text{SLOPE} = \text{RADDEG}(\text{ATAN}(\text{SLOPEPCT}/100))$$
- prepare también un mapa de pendientes a partir del mapa Lidar_dem. Revise la diferencias.

4.3 Cruzando los mapas de parámetros con el mapa de deslizamientos

El mapa de ocurrencia de deslizamientos, mostrando únicamente los deslizamientos recientes (**Active**) puede ser cruzado con los mapas parámetro. En este caso los mapas **Slopecl** y **Lithology** son seleccionados como ejemplo. Por supuesto en aplicaciones reales muchos otros parámetros deben ser evaluados. Primero la operación de cruce entre el mapa de ocurrencia de deslizamientos y los dos mapas parámetro debe ser llevada a cabo.



- Seleccione del menú principal en ILWIS la opción: Operations, Raster operations, Cross.
- Seleccione el mapa **Slopecl** como el primer mapa, el mapa **Active** como el segundo mapa, denomine la tabla de salida **Actslope**. Click Show y OK. La operación de cruce es realizada.
- Revise la tabla resultante. Como puede apreciar, esta tabla contiene la combinación de las clases del mapa **Slopecl** y las dos clases del mapa **Active**.
- Repita el procedimiento para el cruce de los mapas **Lithology** y **Active**. Asigne el nombre **ActLithology** a la tabla de salida.

Ahora que han sido calculados la cantidad de píxeles para cada clase de pendiente y cada unidad litológica que se encuentran afectados por deslizamientos, podemos proceder al calculo de las densidades de deslizamientos.

4.4 Calculando densidad de deslizamientos

Después de cruzar los mapas, el paso siguiente es calcular los valores de densidad. La tabla de cruce (cross-table) incluye las columnas que serán utilizadas durante este ejercicio. Los pasos a seguir para la realización de los cálculos son indicados a continuación.



- Asegúrese de que la tabla de cruce `Act slope` esta activa (abierta).
Paso 1: Cree una columna en la cual únicamente los deslizamientos activos son señalados. Escriba la siguiente formula en la línea de comando (para activar la línea de comando en la tabla vaya a view y seleccione command line):

$$\text{AreaAct} = \text{iff}(\text{Active}=1, \text{area}, 0) \downarrow$$
 Esta operación se realiza con el propósito de calcular para cada clase de pendiente las áreas con deslizamientos activos.
- **Paso 2:** Calcule el área total en cada clase de pendiente. Seleccione del menú de la tabla: **Columns, Aggregation**. Seleccione la columna: `Area`. Seleccione la función **Sum**. Seleccione **group by column Slopecl**. Desactive la opción **Output Table**, y asigne el nombre `Areasloptot` para la columna creada. Presione OK. Seleccione una precisión de 1.0.
- **Paso 3:** Calcule el área con deslizamientos activos para cada clase de pendiente. de nuevo seleccione del menú de la tabla: **Column, Aggregation**. Seleccione la columna: `AreaAct`, Seleccione la función **Sum**, seleccione **Group by column Slopecl**. Desactive la opción **Output Table**, y entre el nombre: `Areaslopeact` para la columna de salida, presione OK. Seleccione una precisión de 1.0.
- **Paso 4:** calcule el área total del mapa . de nuevo seleccione del menú de la tabla: **Columns, Aggregation** . Seleccione la columna: `Area`. Seleccione la función **Sum**. Desactive la opción **group by**. Desactive la opción **Output table**, y entre el nombre: `Areamaptot` para la columna de salida. Presione OK. Seleccione una precisión de 1.0.
- **Paso 5:** el paso siguiente es calcular el área total ocupada por los deslizamientos en la zona de estudio. De nuevo seleccione del menú de la tabla: **Columns, Aggregation**. Seleccione la columna: `AreaAct`. Seleccione la función **Sum**. Desactive la opción **group by**. Desactive la opción **Output Table**, y entre el nombre: `Areamapact` para la nueva columna. Presione OK. Seleccione una precisión de 1.0.
- **Paso 6:** Calcule la densidad de deslizamientos para cada clase de pendiente escriba en la línea de comando:

$$\text{Densclas} = \text{Areaslopeact} / \text{Areasloptot} \downarrow$$
 Seleccione una precisión de 0.0001.
- **Paso 7:** Calcule la densidad de deslizamientos para la totalidad del mapa. escriba en la línea de comando:

$$\text{Densmap} = \text{Areamapact} / \text{Areamaptot} \downarrow$$
 Seleccione una precisión de 0.0001.

El resultado debe ser similar al ilustrado en la tabla 4.2:

	Active	NPix	Área	AreaAct	Areasloptot	Areaslopeact	Areamaptot	Areamapact	Densclas	Densmap
0-10 degrees	0	6722769	6722769	0	6737909	15140	14000000	225189	0.0022	0.0161
0-10 degrees	1	15140	15140	15140	6737909	15140	14000000	225189	0.0022	0.0161
10-20 degrees	0	3673980	3673980	0	3703788	29808	14000000	225189	0.0080	0.0161
10-20 degrees	1	29808	29808	29808	3703788	29808	14000000	225189	0.0080	0.0161
20-30 degrees	0	1851024	1851024	0	1899509	48485	14000000	225189	0.0255	0.0161
20-30 degrees	1	48485	48485	48485	1899509	48485	14000000	225189	0.0255	0.0161
30-40 degrees	0	1038726	1038726	0	1100738	62012	14000000	225189	0.0563	0.0161
30-40 degrees	1	62012	62012	62012	1100738	62012	14000000	225189	0.0563	0.0161
40-50 degrees	0	355591	355591	0	399912	44321	14000000	225189	0.1108	0.0161
40-50 degrees	1	44321	44321	44321	399912	44321	14000000	225189	0.1108	0.0161
50-90 degrees	0	132721	132721	0	158144	25423	14000000	225189	0.1608	0.0161
50-90 degrees	1	25423	25423	25423	158144	25423	14000000	225189	0.1608	0.0161

Table 4.2: "Cross table" y columnas calculadas

Por el momento usted ha calculado todas las densidades requeridas para el mapa slope.

- Repita el procedimiento utilizando la tabla de cruce (cross-table) ActLithology. No es necesario calcular de nuevo la densidad para la totalidad del mapa puesto que es la misma para ambos mapas.

4.5 Calculando los valores de ponderación (weight values)

Finalmente los valores de ponderación (weight-values) son calculados utilizando el logaritmo natural de la densidad por clase dividido por la densidad en el mapa. Con este calculo encontramos que la densidad para la totalidad del mapa es = $225189 / 14000000 = 0.0161$

El calculo fue previamente realizado usando las tablas de cruce para los mapas Slopecl y Active. Como puede observarse en la tabla 4.2, esto resulta en muchos valores redundantes. Dado que usted esta solo interesado en los valores de densidad y los pesos de ponderación para cada clase de pendiente. El resultado debe, en cambio, ser similar al presentado en la tabla 5.3 , donde cada clase de pendiente ocupa solo un registro. Esa es la razón por la cual usted trabajara ahora con la tabla de atributos conectada al mapa Slopecl y usara la operación table joining combinado con agregación para obtener los datos de la tabla de cruce (cross table).

	Areasloptot	Areaslopeact	Areamaptot	Areamapact	Densclas	Densmap	Dclas	Weight
0-10 degrees	6737909	15140	14000000	225189	0.0022	0.0161	0.00220	-1.9904
10-20 degrees	3703788	29808	14000000	225189	0.0080	0.0161	0.00800	-0.6994
20-30 degrees	1899509	48485	14000000	225189	0.0255	0.0161	0.02550	0.4599
30-40 degrees	1100738	62012	14000000	225189	0.0563	0.0161	0.05630	1.2519
40-50 degrees	399912	44321	14000000	225189	0.1108	0.0161	0.11080	1.9289
50-90 degrees	158144	25423	14000000	225189	0.1608	0.0161	0.16080	2.3013

Table 5.3: Datos presentes en la tabla de atributos.

- **Paso 1** Cree la tabla de atributos para el dominio Slopecl. Esta tabla no contiene columnas adicionales, excepto la columna con el dominio. Repita el procedimiento explicado anteriormente, pero ahora con la operación table joining (unión de tablas).
- **Paso 2:** Calcule el área total para cada clase de pendiente. Seleccione Columns, Join. Seleccione la tabla Actslope. Seleccione la columna: Area. Seleccione la función Sum. Seleccione group by column Slopecl. Seleccione la columna de

salida Areasloptot. Presione OK.

- **Paso 3:** Calcule el área con deslizamientos activos para cada clase de pendiente.
 Seleccione Columns, Join. Seleccione table: Actslope.
 Seleccione column Areaact. Seleccione function Sum. Seleccione group by column Slopecl. Seleccione output column Areaslopact. Presione OK.
- **Paso 4:** con las dos columnas, usted puede calcular la densidad de deslizamientos para cada clase de pendiente utilizando la formula:

$$\text{Densclas} := \text{Areaslopact} / \text{Areasloptot}$$
 Seleccione una precisión de 0.0001.
- Si usted observa los resultados, algunas clases tiene un valor de densidad de cero (0). Esto debe ser corregido, de tal manera que el calculo de los valores de ponderación sea posible. Para ajustar este valor, escriba la siguiente formula:

$$\text{Dclas} := \text{iff}(\text{Densclas} = 0, 0.0001, \text{Densclas})$$
- El valor de ponderación final puede ser ahora calculado con la formula:

$$\text{Weight} := \ln(\text{Dclas} / 0.0161)$$
- Cierre la tabla.

Hasta el momento usted ha calculado los valores de ponderación (weights) para el mapa Slopecl.



- Repita el procedimiento para la tabla del mapa Lithology.

4.6 Creando los mapas ponderación de valores (weight maps)

Las ponderaciones (weights) calculadas en las tablas pueden ahora ser utilizadas para renombrar los mapas (reasignar cada clase en el mapa con su respectivo valor de densidad).



- Seleccione de menú principal en ILWIS : Operations, Raster operations, Attribute map. Seleccione al mapa raster Slopecl. Seleccione attribute Weight. Seleccione output raster map Wslopecl. Presione OK.
- Despliegue el mapa resultante Wslopecl. Utilice un la opción Stretch entre -2.5 y +2.5
- Use el mismo procedimiento con el mapa Lithology. El mapa resultante debe ser llamado: WLithology.
- Las ponderaciones (pesos, weights) para los dos mapas pueden ser sumados con la formula:

$$\text{Weight} = \text{Wslopecl} + \text{WLithology}$$
- Despliegue el mapa resultante Weight y utilice la ventana de información (the pixel information window) para leer la información de manera simultanea de los mapas Slopecl, Wslopecl, Lithology, WLithology and Weight.

4.7 Clasificando el mapa de ponderación (weight map) en el mapa final de amenaza

El rango de valores observado en el mapa `Weight` es muy amplio, y no puede ser leído o presentado en esa forma como un mapa de susceptibilidad a los deslizamientos. Con el propósito de preparar este último mapa es necesario clasificar el mapa de valores `Weight` en un número pequeño de unidades, las cuales representan diferentes grados de la susceptibilidad.



- Calcule el histograma del mapa `Weight` y seleccione los valores límites para las tres clases: `Low hazard` (amenaza baja), `Moderate hazard` (amenaza moderada), y `High hazard` (amenaza alta). Discuta con su instructor el procedimiento adecuado para escoger los valores límite de cada clase.
- Cree un nuevo dominio: `Hazard`. usando: `File, Create, Create domain`. El dominio debe ser un dominio `Class` y seleccione la opción `Group`. Proceda a entrar los nombre y los límites de las diferentes clases de susceptibilidad en el dominio. Cuando haya terminado, cierre el dominio
- El último paso se realiza utilizando la operación **slicing**. Seleccione: `Operations, Image processing, slicing`. Seleccione raster map: **`Weight`**. Seleccione output raster map: **`hazard`**. Seleccione domain: **`hazard`**. Presione `Show` y `OK`.
- Evalué el mapa resultante con la ventana de información (`Pixel information`). Si lo considera necesario ajuste los valores de los límites de las diferentes clases de susceptibilidad en el dominio **`hazard`** y repita la operación **slicing** de nuevo, hasta que este satisfecho con el resultado final
- Es también importante incluir las áreas ocupadas por antiguos deslizamientos en el mapa de susceptibilidad. Esto puede ser realizado utilizando la fórmula:

```
Final:=iff(isundef(slides),hazard,iff(active=1,"high hazard",iff((slides="bre")or(slides="sre"), "high hazard","Moderate hazard")))
```

4.8 Ejercicio adicional



- Cree un **script** para calcular los valores de ponderación (weight values). Ver *ILWIS User's Guide* para mayor información sobre scripts).

4.9 References

- Naranjo, J.L., van Westen, C.J. and Soeters, R. (1994). Evaluating the use of training areas in bivariate statistical landslide hazard analysis- a case study in Colombia. *ITC Journal* 1994-3, pp 292-300.
- Van Westen, C.J., Van Duren, I, Kruse, H.M.G. and Terlien, M.T.J. (1993). *GISSIZ: training package for Geographic Information Systems in Slope Instability Zonation*. ITC-Publication Number 15, ITC, Enschede, The Netherlands. Volume 1: Theory, 245 pp. Volume 2: Exercises, 359 pp. 10 diskettes.
- Van Westen, C.J. (1994). GIS in landslide hazard zonation: a review, with examples from the Andes of Colombia. In: Price, M. and Heywood, I. (eds.), *Mountain Environments and Geographic Information Systems*. Taylor & Francis, Basingstoke, U.K. pp 135-165.