

Análisis de peligro, vulnerabilidad y riesgo

Por:

C.J. van Westen

Department of Earth Systems Analysis,

International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC),

P.O. Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands.

Tel: +31 53 4874263, Fax: +31 53 4874336, e-mail: westen@itc.nl

Resumen

Este caso pretende ilustrar el significado del peligro, vulnerabilidad y riesgo, utilizando un conjunto muy sencillo de datos en escala nacional de Colombia (Sur América). La ocurrencia de un desastre depende de dos factores:

- *Peligro o Amenaza*: La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino
- *Vulnerabilidad*: Grado de la pérdida de resultados de la ocurrencia del fenómeno

Usted generará primero un mapa cualitativo del peligro combinando varios mapas de factores. Entonces se elabora un mapa de la vulnerabilidad, y ambos mapas son combinados y generan un mapa de riesgos.

Iniciando



- Situado en Windows explorer cree un directorio de trabajo en el disco duro
- Extraiga los datos del archivo *Datos amenaza vulnerabilidad y riesgo.ZIP* desde el directorio `:\Casos de estudios SIG\03 Amenaza vulnerabilidad y riesgo\Datos SIG ILWIS` a el nuevo directorio
- Haga doble-click en el icono del programa ILWIS y vaya al directorio de trabajo que creo.

1 Visualización de los datos

Es importante tener una idea de los datos de entrada. Los siguientes mapas raster están disponibles:

Colombia Los departamentos de Colombia.

Landslid Regiones con severos problemas de deslizamiento.

Volcanic	Regiones con peligros volcánicos.
Seismic	Regiones con peligros sísmicos.
Tsunami	Regiones con peligros tsunami (inducido por ondas sísmicas).
Inundat	Regiones con peligro de inundación.
Rivers	Regiones con actividad de ríos torrenciales.
Beach	Regiones con erosión de la playa y/o acumulación.
Industry	Principales regiones industriales.
Infraseg	Principal infraestructura.
Concentr	Concentración de actividades económicas.
Topograp	Topografía de la región de Colombia..

Hay solo un mapa de polígonos:

Colombia Límites departamentales de Colombia.

Colombia



Figura 1: Mapa de sombra de las cordilleras de Colombia

Usted primero tiene que mirar los mapas antes de comenzar el análisis.



- Doble-click en el mapa de polígonos Colombia. Ahora se muestra el cuadro de dialogo **Display Options** en el que usted puede modificar el mapa.
- Seleccione **Boundaries Only**. Acepte todo por defecto y presione **OK**. El mapa será desplegado en la ventana.
- Lleve el mapa a un lado de la pantalla.
- Arrastre y libere el mapa raster Colombia dentro de la ventana del mapa. El cuadro de dialogo **Display Options** está abierto. Click **OK**. El mapa raster Colombia esta ahora desplegado junto con los límites del mapa de polígonos.
- Seleccione con el cursor varias unidades del mapa para averiguar su significado.

Ahora usted mirará los mapas que contienen información de los diferentes tipos de peligro en Colombia.



- Arrastre y libere el mapa *Seismic* dentro de la ventana del mapa. Acepte los defectos en el cuadro de dialogo *Display Options* y click *OK*. El mapa raster *Colombia* esta ahora reemplazado por el mapa raster *Seismic*. Verifique el significado de la unidades de mapeo.
- Evaluar los otros mapas (*Landslid*, *Volcanic*, *Tsunami*, *Inundat*, *Rivers*, *Beach* y *Topograp*) con el mismo procedimiento.
- Abra el *pixel information* y arrastre y libere los mapas *Colombia*, *Seismic*, *Landslid*, *Volcanic*, *Tsunami*, *Inundat*, *Rivers*, *Beach* y *Topograp*. Verifique la información combinada de los mapas mientras mueve el puntero del mouse en la ventana del mapa.

También mire los mapas usados para el análisis de vulnerabilidad.



- Arrastre y libere el mapa *Seismic* en la ventana del mapa. Acepte los defectos en el cuadro de dialogo *Display Options* y haga click *OK*. El mapa raster *Colombia* ahora esta reemplazado por el mapa raster *Seismic*.
- Verifique el significado de las unidades de mapeo.
- Evalúe los otros mapas (*Industry*, *Infraseg* y *Concentr*) arrastrando y liberándolos en la ventana del mapa. Verifique su contenido.
- Agregue estos mapas también a la ventana de *pixel information*. Verifique la información de los mapas combinados mientras mueve el puntero en la ventana del mapa.
- Cierre las ventanas del mapa y de *pixel information*.

Cuando usted tenga una idea clara de los datos de entrada , puede continuar con el próximo tema.

2 Creando el mapa de amenaza

En este ejercicio usted estudiará el primer aspecto: *el peligro*. En los ejercicios posteriores usted evaluará la vulnerabilidad y finalmente el riesgo. El grado del peligro de una cierta área esta determinado por una combinación de factores. Los diferentes factores, que influyen en el grado de peligro, se pueden observar separadamente, aunque ellos se influyan uno al otro (p.e. en un área con un peligro alto de sismicidad habrá más deslizamientos de tierras). Los factores se proporcionan en forma de mapas de parámetro, cada uno de ellos describen un fenómeno potencialmente dañino. Los fenómenos siguientes son tomados en cuenta:

- Deslizamientos
- Peligro de sismicidad
- Peligro tsumani: terremoto induciendo olas de inundación
- Peligro volcánico
- Peligro de inundación
- Peligro de inundación por ríos torrenciales
- Erosión de playa y aluvión

- Regiones topográficas

En la sección previa usted ha visto la distribución espacial de varios peligros en Colombia. El próximo paso es combinar esta información en un mapa. Usted puede seguir dos enfoques:

- Una simple suma de todos los mapas, con igual ponderación, o
- Asigne diferentes valores de ponderación a diferentes tipos de peligro.

Aquí usted seguirá el segundo enfoque. El impacto de los diferentes peligros a la actividad humana no es igual para todas las clases de peligros. Los terremotos fuertes tendrán un mayor efecto devastador en un área que deslizamientos de tierras. Por lo tanto usted tiene que asignar valores de ponderación a cada una de las clases dentro de los mapas individuales del peligro, teniendo en cuenta su importancia a producir daños.

El valor de ponderación que será dado a un cierto factor y la manera en que este factor se clasificará es altamente subjetivo. Este método se refiere también en la literatura como *ponderación ciega*, cuando nosotros no nos deshacemos de datos cuantitativos para decidir si la relación entre el peligro alto de sismicidad y peligro alto de deslizamientos de tierras debe ser 1 o 10 o 100. La opinión de expertos es utilizada para definir estos valores de ponderación. Esto tiene la consecuencia que casi cada científico puede asignar valores diferentes.

Posteriormente los valores de *ponderación* se usarán en vez de los valores del mapa. De esta manera, los mapas de parámetro separados de los factores implicados en el análisis del peligro llegan a ser mapas de ponderación.

Este ejercicio consiste de varios pasos:

Paso 1: Asignar los valores de ponderación a las clases de los mapas de parámetro.

Los valores de ponderación serán asignados en las tablas conectadas a los mapas raster. Usted creará una tabla para cada mapa y luego creará una columna *weight*, en la cual usted editará los valores de ponderación para las diferentes clases.

Paso 2: Renombrando los mapas de parámetro a mapas de ponderación.

La combinación de cada mapa de parámetro con los valores de ponderación derivados de la tabla creada en el paso previo es llamado *renumeración*. De esta manera, usted cambiará los mapas de clases en mapas de valores, con valores de ponderación.

Paso 3: Combinando los mapas de ponderación en un solo mapa de peligro.

Los mapas de ponderación serán combinados en este ejercicio por la simple suma. Es también posible definir valores de ponderación a los mapas individuales. Por ejemplo, los valores de ponderación para el peligro de sismicidad pueden ser dos veces tan importantes como para el peligro de deslizamiento de tierras.

Paso 4: Clasificando el mapa de ponderación combinado en un mapa final de peligros.

El mapa de ponderación combinado, el cual tiene muchas clases, será simplificado clasificando los valores en cuatro clases.

Paso 1: Asignando valores de ponderación utilizando tablas de atributos

Los valores de ponderación que deben ser asignados a las clases individuales se dan en la tabla siguiente:

Sismicidad

Leyenda	Ponderación
Alto riesgo de sismicidad	10
Moderado riesgo de sismicidad	5
Bajo riesgo de sismicidad	0

Volcánico

Leyenda	Ponderación
Sin peligro volcánico	0
Peligro volcánico	10

Deslizamiento

Leyenda	Ponderación
Nariño	2
Región Huila	2
Valle del Cauca	3
Zona Cafetera	4
Manizales y alrededores	4
Valle de Aburrá	4
Cundinamarca	3
Boyacá y Santander	2
Bucaramanga	2
Sin peligro de deslizamiento	0

Tsunami

Leyenda	Ponderación
Peligro tsunami	10
Sin peligro de tsunami	0

Playa

Leyenda	Ponderación
Acumulación	0
Acumulación y erosión	1
Erosión	2
Sin acumulación o erosión	0

Todas las clases en el mapa Inundat recibirán un valor de ponderación de 5. La clase "Sin peligro de inundación" recibirá un valor de ponderación de 0.

Todas las clases en el mapa River recibirán un valor de ponderación de clase 4. "No río" recibirá un valor de ponderación de 0.

Todas las clases en el mapa Topograp recibirán un valor de ponderación de clase 2, y solo la clase "Altitude menos que 1000 m" un valor de ponderación de 0.

Aquí solo el primer procedimiento del mapa (Seismic) es explicado. Los otros mapas pueden ser tratados con el mismo procedimiento.



- Seleccione el menú options: File, Create, Create Table.
- Escriba el siguiente nombre de archivo: seismic. Seleccione el dominio Seismic y click en OK. Un dominio en ILWIS determina el contenido de un mapa, o una tabla. Si nosotros tenemos clases, el dominio es una lista de posibles nombres de las clases. Una tabla que será unida a un mapa deberá por eso tener el mismo dominio. La tabla se muestra ahora. Usted ve los ítems del dominio en la columna gris al lado izquierdo.
- Seleccione: Columns, Add Column. Escriba el nombre de la columna: Weight, y seleccione el dominio: Value. Escriba los valores de 0 y 10 para los value range, y 1.0 para la precisión. Click OK.

- Llene los valores de ponderación de las tres clases , como se indica en la tabla de la pagina anterior.
- Cierre la tabla.

Ahora usted ha hecho una tabla con los valores de ponderación para el mapa Seismic.



- Repita el mismo procedimiento para los mapas Landslid, Volcanic, Tsunami y Beach. Creando una tabla para cada mapa usando su propio dominio.

Antes de pasar al próximo paso usted tiene que indicar todavía que las tablas deben ser unidas a los mapas. Esto se hace cambiando las *propiedades* de un mapa.



- Haga click con el botón del mouse derecho en el mapa seismic y escoja desde el menú la opción **Properties**. Ahora en el cuadro de dialogo las propiedades del mapa se muestran, tal como el dominio, el numero de pixeles, etc.
- Haga un click sobre la opción **Attribute Table** y seleccione la tabla Seismic.
- Presione **OK**. Ahora la tabla seismic esta unida al mapa seismic.
- Siga el mismo procedimiento para los otros mapas (Landslid, Volcanic, Tsunami y Beach).

La creación de valores de ponderación para los otros tres mapas (Inundat, River, y Topograp) se harán de forma diferente. Cuando prácticamente todas las unidades reciben el mismo valor de ponderación es mejor usar otro método de reclasificación: una fórmula de cálculo de mapa.

Paso 2: Renombrando los mapas de parámetros a mapas de ponderación

Ahora que usted ha hecho una tabla con valores de ponderación para los mapas de parámetros, nosotros podemos ahora renombrar los mapas a mapas de ponderación. Para esta operación nosotros usaremos la operación **Attribute map**.



- Desde el menú principal de la ventana, seleccione: **Operations, Raster operations, Attribute Map**.
Seleccione Seismic como un mapa raster; seleccione Seismic como la tabla y Weight como el atributo. Escriba Wseismic como el nombre de salida del mapa.
- Escriba: Mapa Seismic reclasificado con valores de ponderación como **Descripción**.
- Click **Show** y **OK**.
- En el cuadro de dialogo **Display Options**, seleccione la representación **Pseudo**. Click **OK**. El mapa de ponderación se muestra.

- Si usted hace un click sobre una unidad de mapa, no verá la descripción, pero sí un número, el cual es el valor de ponderación asignado anteriormente.
- Para verificar con el mapa original *Seismic* use el *PixelInfo*. Usted puede hacer esto seleccionando *File, Open Pixel Information*. En la ventana del pixel information, seleccione *File, Add Map* y seleccione el mapa *Seismic*. Cuando usted mueve el puntero sobre el mapa, usted verá el nombre de la unidad original en el mapa *Seismic* y los valores de ponderación.
- Cierre la ventana del mapa y la de pixel information.

Ahora usted puede clasificar el mapa *Seismic* en un mapa de ponderación *Wseismic*.



- Repita el mismo procedimiento para los mapas *Landslid*, *Volcanic*, *Tsunami* y *Beach*. Creando mapas de ponderación llamados: *Wlandqli*, *Wvolcani*, *Wtsunami* y *Wbeach*.

Ahora otro método será usado para reclasificar los mapas *Inundat*, *River* y *Topograp*. Usted creará directamente los mapas de ponderación, usando una fórmula sin almacenar primero los valores de ponderación en una tabla.



- Escriba la siguiente fórmula sobre la línea de comando de la ventana del *ILWIS*:
`Winundat=iff(Inundat="Sin peligro de inundación",0,5)↓`
- En el cuadro de dialogo *Raster Map Definition*, seleccione el dominio *Value* con un rango de valores entre 0 y 5 y una precisión de 1.0. Click *OK*. Ningún cálculo sucede todavía. Solo la definición se almacena y el icono del mapa raster para el mapa *Winundat* se hace. El cálculo realmente sucede solo después de abrir el mapa.
- Haga doble click en el mapa raster *Winundat*. El mapa es calculado, antes el cuadro de dialogo *Display Options* estaba abierta. Seleccionar la representación *Pseudo*, y haga click en *OK*.
- Diseñe la fórmula para crear el mapa *Wriver*. Todas las clases del mapa de entrada *River* obtendrán el valor de 4, con excepción de la clase "No río" que tiene 0.
- Haga también un mapa *Wtopogra*, en que todas las clases del mapa *Topograp* obtendrán el valor de 2, con excepción de la clase "Altitude menor de 1000 m", que tiene 0. Cerciorese de no cometer errores al escribir un nombre largo, de otro modo el resultado será indefinido.

Ahora usted tiene todos los mapas de ponderación preparados.

Paso 3: Combinando los mapas de ponderación.

El próximo paso en la creación del mapa de peligro es la combinación de los mapas de ponderación individuales.



- Escriba la siguiente fórmula en la línea de comando:
`Hazard=Wseismic+Wlandqli+Wvolcani+Wbeach+Wtsunami+Wriver+Winundat+Wtopogra`
- Click OK en el cuadro de dialogo **Raster Map Definition**.
- Despliegue el mapa Hazard. Use la representación **Pseudo**.
- Use la ventana de pixel information para leer los valores de los mapas junto con el mapa del peligro, verifique si la computadora puede sumar los valores correctamente.
- Cierre las ventanas del mapa y también la de pixel information.

Paso 4: Clasificando un mapa de riesgos

El mapa de peligro elaborado en la sección anterior tiene muchos valores diferentes. El rango de los valores puede ser evaluado calculando un histograma.



- En la ventana principal; seleccione del menú: **Operations, Statistics, Histogram**.
Seleccione el mapa Hazard y click OK. El histograma es calculado y los resultados se muestran en la tabla.
- En la ventana de la tabla, seleccione el menú: **Options, Show Graph**. El cuadro de dialogo **Edit Graph** es abierto.
Seleccione: `line` y click OK. El histograma se mostrará en la pantalla. Evalúe los valores en el histograma. En base a estos valores nosotros podemos hacer una subdivisión en clases de peligro.
- Cierre la gráfica y la tabla del histograma.

Desde el rango de los valores usted puede ver que la mejor manera de clasificar el mapa de peligro es dividirlo en 6 clases.



- En la ventana principal, seleccione **File, Create, Create Domain**. Crear un nuevo dominio Hazclas. Seleccione `Class y Group`. Click OK. El Domain Editor esta abierto.
Seleccione **Edit, Add Item** y llene las siguientes clases: clases de límites:
5 Peligro muy bajo
10 Peligro bajo
15 Peligro moderadamente bajo
20 Peligro moderado
25 Peligro alto
100 Peligro muy alto
- Cierre el Domain Editor.
- En la ventana principal, seleccione: **Operations, Image Processing, Slicing**. Seleccione el mapa raster Hazard y de Hazclas como nombre de salida al mapa raster. Use el dominio Hazclas. Click OK.
- Abra la representación de Hazclas, y edite los colores tal como “Muy

bajo” es verde “Muy alto” es rojo, con cambios intermedios.

- Despliegue el mapa Hazclas .
- Use el Pixelinfo para verificar los resultados.
- Cree la anotación para el mapa Hazclass (grilla, barra de escala , título, leyenda), y almacene los resultados como un mapa virtual con el nombre Hazclas.
- Cierre las ventanas de los mapas y la pixel information.

Con esto finaliza el primer ejercicio en la creación de un mapa del peligro. En el próximo ejercicio usted creará un mapa de vulnerabilidad.

3 Creando un mapa de vulnerabilidad

En este ejercicio usted estudiará los datos de entrada para un análisis de vulnerabilidad. El objetivo final de los ejercicios en la escala nacional es hacer un mapa cualitativo del riesgo, mostrar las áreas donde hay una probabilidad alta de que un desastre pueda ocurrir. Para esto necesitamos también conocer la *vulnerabilidad*: el grado de pérdida de un conjunto dado de elementos resultando en el riesgo de ocurrencia del fenómeno. *Los elementos en riesgo* dentro de un área dada son la población, las propiedades, las actividades económicas, etc.

Una clasificación de vulnerabilidad se llevó a cabo de la misma manera como el método usado en la creación de mapas de peligro: asignar los valores de ponderación a cada uno de los factores, y resumiendo los valores de ponderación. Los mapas siguientes se usan para esto:

Infraseg	Mayor infraestructura
Industry	Principales centros industriales.
Concentr	Concentración de actividades económicas.
Popdens	Densidad de población.

El último mapa Popdens no existe todavía. Usted primero lo tendrá que crear en el primer paso del análisis.

Creando una mapa de densidad poblacional

Para este calculo necesitamos los siguientes datos:

- El mapa Colombia, donde usted calculará el área para cada departamento.
- Una tabla con el número de habitantes por departamento (Tabla 1).

El mapa esta usando los siguientes pasos:

- Primero usted calcula el histograma del mapa Colombia, y averigua el área (en metros cuadrados) para cada departamento.
- Segundo usted hará una tabla Colombia y lo une con la tabla del histograma para obtener el área de cada departamento.
- Tercero usted creará una nueva columna Population en la tabla Colombia, en la cual introduce la población por cada departamento
- Luego divide la población de la columna por la columna Area para averiguar la densidad de población.
- Finalmente usted reclasifica el mapa Colombia con la columna Popdens y crea un mapa de densidad poblacional.



- Calcule el histograma para el mapa raster Colombia.

- Cree una nueva tabla, Colombia, con el dominio Colombia.
- En la ventana de la tabla, lea las áreas de los departamentos ejecutando la fórmula siguiente:

$$\text{Area} = \text{Colombia.his.Area} \downarrow$$
 Acepte los valores por defecto.
- Cree una columna Population (dominio= Value, con un rango de 0 a 6000000, y una precisión de 1).
- Llene los valores de la tabla siguiente.

Tabla 1: Número de habitantes por departamento.

Departamento	Población	Departamento	Población	Departamento	Población
Amazonas	43020	Choco	282800	Putumayo	56014
Antioquia	3888067	Córdoba	913636	Quindío	377860
Arauca	224050	Cundinamarca	5365341	Risaralda	625451
Atlántico	1428601	Guainía	10755	Santander	1438200
Bolívar	1197623	Guaviare	21510	Sucre	529059
Boyacá	1097600	Huila	647756	Tolima	1051852
Caldas	838094	La Guajira	255310	Valle de Cauca	2847100
Caquetá	214473	Magdalena	769141	Vaupés	10755
Casanare	56014	Meta	412300	Vichada	21510
Cauca	795800	Narino	1019100	Oceano	0
Cesar	58463	Norte de Santander	883900	Países vecinos	0

- Después de ingresar los valores, calcular una columna Popdens (la densidad de población = el número de personas por km²). Note que los valores en la columna Area están en m².
- Cierre la ventana de tabla.

Creando el mapa de vulnerabilidad

De la misma forma como se preparó los mapas de ponderación, usados para el mapa del peligro, una serie de mapas de ponderación se debe crear para producir un mapa de vulnerabilidad. Los valores de ponderación, que se usarán en este ejercicio, están basados sobre en la importancia relativa de cada uno de los elementos de riesgo respecto al daño causado por un desastre. En la realidad estos valores de vulnerabilidad serán diferentes para diferentes tipos de peligro. Por ejemplo: la vulnerabilidad de caminos es menor para inundaciones que para deslizamiento de tierras o terremoto. Mientras ocurre una inundación, los caminos no se pueden usar temporamente, mientras que un deslizamiento de tierras o terremoto, los caminos pueden ser (en parte) destruidos. Nosotros no hemos tomado en cuenta este aspecto.

Los siguientes valores de ponderación se usan:

Industria

Leyenda	Ponderación
Oleoductos principales	8
Sin vulnerabilidad	0
Centro industrial de 1 orden	10
Centro industrial de 2 orden	7

Concentración

Leyenda	Ponderación
Alta	5
Baja	0


Infraestructura

Leyenda	Ponderación
Ciudades principales	10
Caminos principales	8
Ferrovías	8
Caminos	4
Sin vulnerabilidad	0

Densidad poblacional

Leyenda	Ponderación
< 1 persona/km ²	0
1-20 personas/km ²	3
20-50 personas/km ²	7
>50 personas/km ²	10

Puesto que el cálculo del mapa de vulnerabilidad es muy semejante al del mapa de peligro, no todos los pasos individuales se explican con detalle. Todos los pasos son combinados abajo.



- Cree las tablas para los mapas Industry, Concentr, y Infraseg, y llene los valores de ponderación.
- Cree mapas de ponderación utilizando los mapas Industry, Concentr, y Infraseg, y las tablas que usted ya ha creado recientemente. Los mapas resultantes se llaman Windustr, Wconcent, y Winfrase.
- Cree los valores de ponderación para densidad de población en la tabla Colombia usando los valores de la anterior página.
- Cree el mapa de ponderación Wpopdens para reclasificar el mapa Colombia con la densidad poblacional reclasificada.
- Combinar los cuatro mapas de ponderación Windustr, Wconcent, Winfrase, y Wpopdens mediante la suma. El mapa resultante es llamado Vulnerab.
- Cree una dominio Vulclas tipo class/group con 4 clases (Muy baja vulnerabilidad, Baja vulnerabilidad, Moderada vulnerabilidad, Alta vulnerabilidad).
- Clasificar el mapa Vulnerab en 4 clases usando las operaciones slicing. El resultado se llamará Vulclas.
- Demuestre el resultado y haga una representación, y anotación.

En este punto usted tiene un mapa del peligro y un mapa de vulnerabilidad, y ahora usted los puede combinar en el mapa final de riesgo.

4 Creando el mapa de riesgos

La etapa final en un análisis del riesgo es la creación de un mapa de riesgo. Según Varnes (1984), el riesgo se puede definir como " el grado esperado de pérdida debido a fenómenos naturales particulares". En un proyecto verdadero esto sería la multiplicación de *costos* vulnerabilidad* período de retorno del fenómeno natural que daña*. Nosotros no disponemos de datos de costo, y tampoco del período de retorno en este ejemplo sencillo.

Por lo tanto usted simplificará el procedimiento calculando el riesgo como la combinación del peligro natural y la vulnerabilidad. Usted hará un mapa cualitativo del riesgo, dando la relación general entre el peligro y la vulnerabilidad. La combinación se hará usando una tabla de dos dimensiones.



- En la ventana principal, seleccione File, Create, Create 2 Dimensional Table.
- Ingrese Table Name Risk. Seleccione Hazclas como el Primary domain, y Vulclas como el Secondary domain.
- Presione el botón Create de el cuadro de la lista del dominio. El Create domain se abre. Cree un dominio tipo clase: Risk, con tres clases (Riesgo Bajo, Moderado, y alto riesgo). Cierre el dominio, y haga click OK en el cuadro de dialogo Create de la tabla de 2 Dimensiones.

La tabla de 2 dimensiones está abierta. Contiene los valores indefinidos para todas las combinaciones. Abajo se ha llenado ya algunos de ellos, por ejemplo:

- Cuando el peligro es muy bajo, no importa si la vulnerabilidad es baja o alta; el riesgo será bajo en todos los casos
- Cuando la vulnerabilidad es muy baja (significa que el área no contiene ningún elemento importante en el riesgo), el riesgo es siempre bajo.

		Vulnerabilidad			
		Muy baja	Baja	Moderada	Alta
Peligro	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	Bajo	Bajo	?	?	?
	Moderado	Bajo	?	?	?
	Alto	Bajo	?	?	?
	Muy alto	Bajo	?	?	Alto



- Llene las clases con signo ? en la tabla de dos dimensiones arriba. Dé la razón para asignar las clases del riesgo alto, medio o bajo.
- Haga click en el campo izquierdo superior en la tabla de 2 dimensiones. Edite los campos usando la flecha hacia la izquierda (←). Apriete la flecha hacia abajo (↓) para ir al próximo campo. Llene toda la tabla. Es más rápido trabajar con la tecla de la flecha, que hacer click en cada campo. Escoger los nombres del lado derecho de la tabla, y luego haga click en otro campo. Usted sólo tiene que hacer click en el campo superior de la próxima columna cuando ha terminado con el último campo de la columna anterior.
- Cuando haya terminado cierre la ventana.

La tabla de dos dimensiones esta ahora completa. Nosotros lo podemos usar en un cálculo o en la línea de comando. La fórmula del cálculo debe tener la sintaxis siguiente:

Output map = Two-dim table [Map1, Map2]

☞

- Escriba la siguiente fórmula en la línea de comando de la ventana principal:
`Risk=Risk[Hazclas,Vulclas]↵`
- Presione **Enter**. El cuadro de dialogo del raster **Map Definition** está abierto. Click **OK**.
- Abra el mapa **Risk** y verifique su contenido.
- Cierre la ventana del mapa.
- Crear anotación para el mapa **Risk**.

La creación de un mapa de riesgo no es el paso final en un manejo del desastre. Es meramente una herramienta que tiene que ser usada para tomar decisiones en el proceso de planificación.

Uno de los aspectos políticamente importantes es el porcentaje de cada departamento, con alto, medio o bajo riesgo. Estos porcentajes se calcularán en esta sección.

☞

- Cruce el mapa **Colombia** y **Risk** y una tabla de cruce es creado.
- Abra la tabla de cruce y escriba la siguiente fórmula en la línea de comando:
`High:=iff(Risk="High",Npix,0)↵`
- También calcule la columna **Medium** y **Low** de la misma manera.
- Cierre la tabla de cruce y abra la tabla **Colombia**. Use la operación *join* (juntar) para leer el valor máximo de las columnas **High**, **Medium**, y **Low** de la tabla de cruce. Use la tabla *join* otra vez para obtener la suma de la columna **Npix** de la tabla de cruce. Calcule los porcentajes de cada departamento con alto, medio y bajo riesgo.

Encuentre los principales cinco departamentos puestos en peligro de Colombia (donde el mayor porcentaje de su área es clasificada como alto riesgo).

Nr	Departamento	Porcentaje de alto riesgo

Referencias

- Romero, J. A., Florez, A. and Sanchez, H.A. (1989). Inventario inicial de riesgos Naturales en Colombia. *Análisis Geográficos* No. 16. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia. 56 pp.
- Varnes, D.J. (1984). Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice. Commission on landslides of the IAEG, UNESCO. *Natural Hazards* No. 3, 61 pp.
- 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.
- Velasquez, A. and Meyer, H.J. (1990). Un ensayo de evaluación de las amenazas, de los riesgos y de los desastres en Colombia. *Proceedings 1er Seminario Andino de Geología Ambiental*, 1er Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, 3er Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburra. AGID Report No.13, paper 42, pp 547-580.