



# Estimación de Amenazas Inducidas por Fenómenos Hidrometeorológicos en la República de Guatemala

José Miguel Duro Tamasiunas<sup>1</sup>

Rovoham Monzón Miranda<sup>1</sup>

German Rafael González<sup>1</sup>

Juan Carlos Argueta Medina<sup>1</sup>

Guillermo Patricio García<sup>1</sup>

Oscar Rolando González<sup>1</sup>

Rudy Vásquez<sup>1</sup>

Luis Herrera<sup>2</sup>

Ricardo Valladares<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Emergencia por Desastres Naturales – PEDN SIG MAGA –

<sup>2</sup> Meteorología, INSIVUMEH

<sup>3</sup> GSD, Consultores - PMA



# Gestión de Amenazas Inducidas por Fenómenos Hidrometeorológicos en la República de Guatemala

## Presentación

En el marco de la reducción del impacto de desastres en países en vías de desarrollo, la Gestión para la Reducción del Riesgo ha sido identificada como un paliativo idóneo. La idea fundamental es aplicar el análisis de la construcción del riesgo, como una herramienta eficaz para dirigir esfuerzos y recursos limitados, encausando así un proceso integral de prevención ante eventos destructivos. El riesgo se construye, fundamentalmente, a partir de la interacción dinámica entre amenazas y vulnerabilidades. Las amenazas, entendidas como aquellos factores que al ocurrirse pueden inducir destrucción. Las vulnerabilidades, son aquellos aspectos que hacen propensa a la sociedad a sufrir las consecuencias de los eventos destructores y, consecuentemente, a recuperarse de los mismos. Esta consideración recalca la relevancia que tiene, para las instituciones encargadas de protección civil, el conocimiento de amenazas, como un instrumento imprescindible para su trabajo cotidiano. La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Guatemala (CONRED), no es ajena a esta realidad.

En América Latina, la incidencia desastrosa de fenómenos naturales relacionados a eventos hidrometeorológicos (p.e. inundaciones, sequías, deslizamientos), es aproximadamente tres veces la de los desastres disparados por otras causas naturales (Figura 1). De hecho, se estima que en el transcurso de los últimos treinta años del siglo recién pasado, se perdieron alrededor de 35,049 vidas y 24,813 millones de dólares en bienes materiales, por los mayores fenómenos de este tipo en la región (Tabla I). Guatemala tampoco es la excepción en este escenario de vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Desastres Naturales en América Latina durante el Siglo XX

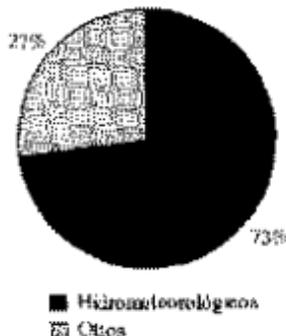


Figura 1. El porcentaje de los desastres generados por fenómenos hidrometeorológicos es cerca de tres veces el inducido por otros eventos naturales.

FUENTE: OFDA/CRHD, 1999, EM-DAT: Disaster Database.

**Tabla I**  
**Impacto de algunos desastres inducidos por fenómenos hidrometeorológicos en**  
**América Latina y El Caribe**  
**(1980 - 1999)**

Año	País	Tipo de Evento	Fallecidos	Pérdidas Estimadas (Millones US\$)
1982/83	Bolivia, Ecuador, Perú	El Niño	0	5,651
1997/98	Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú	El Niño	660	7,694
1998	Centro América	Huracán Mitch	9,214	6,008
1998	República Dominicana	Huracán Georges	255	2,193
1999	Venezuela	Deslizamientos	25,000	3,267
<b>Totales</b>			<b>35,049</b>	<b>24,813</b>

STANTIS POLAC, América Latina y El Caribe. El Impacto de los Desastres Naturales en el Desarrollo, 1972-1999, FOMENTO/OP; IFDA, Venezuela Floods, Part II, vol. 110, 1/12/2000; (OPDA/CR)D, 1999, INM-DAT International Disaster Database

Recientemente, CONRED ha conducido la convocatoria para la preparación del Plan de Respuesta ante Efectos de Situación Climática-Estación Seca Extendida en Guatemala. En el marco de este trabajo multisectorial, fueron identificados y generados una serie de insumos de vital importancia para la estructura de dicho Plan. Uno de los productos principales fue la estimación de la Amenaza por Sequía para la República de Guatemala. La Amenaza por Sequía es uno de los fenómenos inducidos por condiciones hidrometeorológicas que amenaza a Guatemala.

Tomando en cuenta la relevancia que tiene el conocimiento de las Amenazas Inducidas por Fenómenos Hidrometeorológicos en Guatemala, CONRED ha decidido apoyar la iniciativa de reproducir un compendio de estimación de estas amenazas, que incluye mapas por Sequía, Heladas, Inundaciones y Deslizamientos. Esta iniciativa ha sido conducida por el Programa de Emergencia por Desastres Naturales del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (PEEN-SIG-MAGA), quienes han contado con el vital apoyo del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMHIL), y del Programa Mundial de Alimentos (PMA). Así mismo, CONRED se congratula en promover y apoyar esta iniciativa de Gestión para la Reducción del Riesgo en nuestro país; esperando que los usuarios interesados en este documento encuentren en él una herramienta útil para sus propósitos.

Sinceramente,

Alejandro Maldonado Lutómirsky  
 Secretario Ejecutivo  
 CONRED



# **ORDEN DE LOS DOCUMENTOS**

## **TEMA 1**

Método Utilizado en la Elaboración del "Mapa de Amenaza por Sequía"

## **TEMA 2**

Método Utilizado en la Elaboración del "Mapa de Amenaza por Heladas"

## **TEMA 3**

Método Utilizado en la Elaboración del "Mapa de Amenaza por Inundaciones"

## **TEMA 4**

Método Utilizado en la Elaboración del "Mapa de Amenaza por Deslizamientos"

**METODO UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DEL  
"MAPA DE AMENAZA POR SEQUÍA"**

## DUCCION

El Laboratorio de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -SIG/MAGA-, con la colaboración del Instituto Nacional de Geología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y el apoyo de un consultor experto en estadística contratado por el Programa Mundial de Alimentos -PMA-, han realizado los análisis necesarios para obtener un Mapa de Amenaza a Sequías. Para obtenerlo, se adaptó al país la secuencia del método descrito en IPF (2001<sup>1</sup>).

El mapa obtenido, muestra las diferentes áreas del país y su grado de amenaza ante un fenómeno que se considera resultante de la combinación de las condiciones climáticas particulares de cada región, y la variabilidad en las precipitaciones observadas en las estaciones meteorológicas de INSIVUMEH, durante un periodo de más de 30 años de registro.

Las condiciones climáticas se caracterizan mediante su aridez, o relación insumo/pérdida de humedad según lo indica el Atlas Mundial de la Desertificación de PNUMA (1992<sup>2</sup>).

### DESCRIPCIÓN DEL METODO

Los datos de precipitación y sus anomalías, provienen de las estaciones del INSIVUMEH distribuidas en el país y con serie de registros de 1961 a 1997. En esta serie de datos, el aspecto sobresaliente lo constituyó el predominio de las anomalías negativas de lluvia a partir de la década de los años 70's.

Los factores analizados y los métodos utilizados se describen a continuación.

#### 2.1 Factores analizados y método

Se enfocó el análisis sobre la amenaza de sequías a partir de la combinación del comportamiento de dos fenómenos:

- **Aridez Climática** como una condición de carácter cuasi-permanente de una región o localidad geográfica dada; y
- **Probabilidad de ocurrencia de Sequías** como fenómeno anómalo y temporal, difícilmente predecible y que puede afectar cualquier región del país.

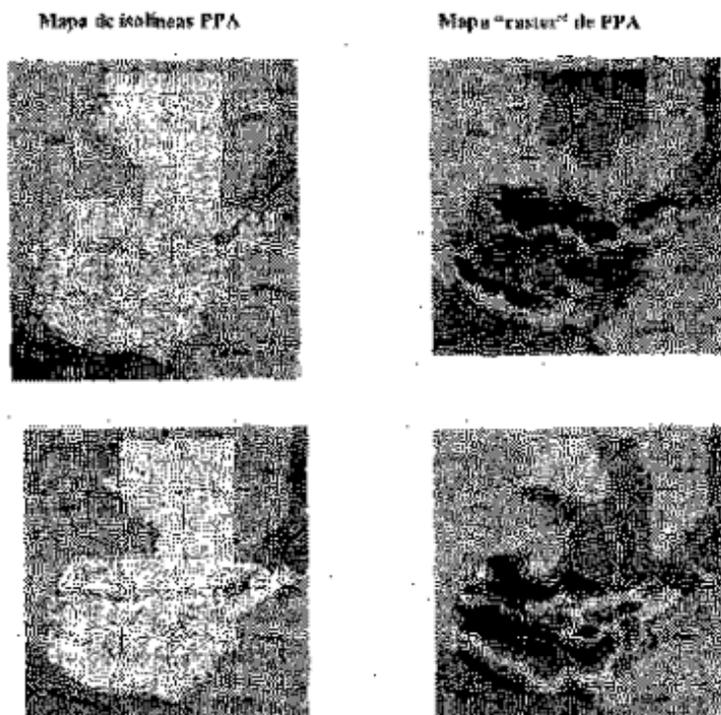
<sup>1</sup> INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN FÍSICA; PROGRAMA MUNDIAL DE ALIMENTOS 2001. Análisis y Cartografía de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria en Cuba. La Habana, Cuba. 139 p.

<sup>2</sup> PROGRAMA DE MEDIO AMBIENTE DE LAS NACIONES UNIDAS-PNUMA-1992. Atlas Mundial de la Desertificación.

Para determinar la Aridez Climática se utilizaron los mapas de Precipitación Promedio Anual (PPA) y Evapotranspiración Potencial Anual (ETP), generados en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica -SIG (PEDN, 2001), a partir del trazo de isolinias derivadas de la red de estaciones meteorológicas y en el lapso de tiempo indicado. El mapa de PPA ha sido elaborado con datos de 148 estaciones meteorológicas y el de ETP con 58 estaciones que cuentan con esos registros.

Los trazos de los mapas fueron ajustados sobre un mapa de elevación digital realizado por el PEDN (2001) y a escala 1:250,000. A través del SIG, los mapas de isolinias, fueron transformados a formato "raster" (cuadrícula) lo que permitió obtener nuevos mapas con valores de interpolación entre las isolinias. Proceso que se muestra en la Figura 1.1.

Fig. 1.1 Transformación de mapas de isolinias a formato "raster"



Los mapas en formato "raster" fueron utilizados en un procedimiento de álgebra de mapas (división y promedio) para la obtención de los valores del índice de aridez, las probabilidades de ocurrencia de sequías y su representación gráfica.

## Cálculo del Índice de Aridez y mapa correspondiente

Se utilizó el índice de Hare y Ogilvie (1993), para caracterizar la aridez de un paisaje. Es el resultado de la razón entre la precipitación media y la evapotranspiración potencial en milímetros de una región dada en un lapso de un año.

$$R = P/Eo$$

Donde P es la Precipitación Promedio y  
Eo es la Evapotranspiración potencial.

Es importante puntualizar que este índice depende de factores exclusivamente climáticos y no toma en cuenta las características intrínsecas del suelo y la vegetación.

Las categorías para clasificar regiones climáticas según el índice utilizado se muestran en el cuadro 1.1.

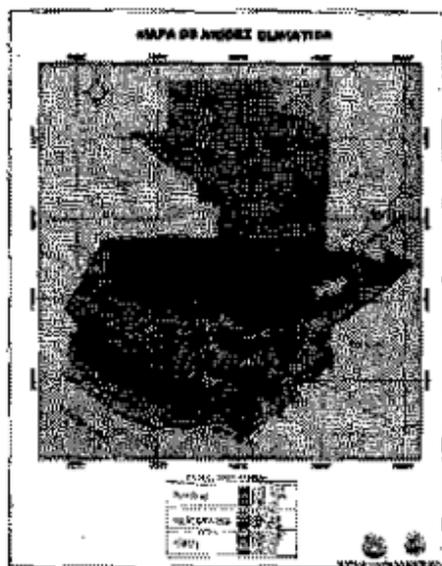
Cuadro 1.1 Clasificación de regiones climáticas respecto a sequedad

Legenda de regiones	Valores del índice
Híper Árida	< 0.05
Árida	0.05 - 0.20
Semi Árida	0.20 - 0.50
Sub Húmedo Seca	0.50 - 0.65
De Clima Húmedo	> 0.65

La República de Guatemala no posee regiones Hiper-Áridas ni Áridas, ya que la precipitación anual no es inferior a los 400 mm/año<sup>2</sup>. Sin embargo, existen regiones dentro de las categorías subsiguientes que es posible estratificarlas debido a la diferencia entre precipitaciones; de esa forma, se obtiene un mayor detalle en la información. El resultado de la división de los mapas en formato "raster", constituye un mapa de aridez climática, tal y como se observa en la Figura 1.2.

<sup>2</sup> Según FAO la categoría de aridez comienza a partir de una precipitación inferior a los 400 mm anuales tal y como se indica en FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1985. Clasificación de Regiones Secas.

Fig. 1.2 Mapa de Aridez Climática



### 2.3 Determinación de la probabilidad de ocurrencia de sequías

Debido a que el análisis se realizó con valores anuales y durante una serie de años, es posible aplicar las propiedades de una distribución normal, por lo que los mapas de Aridez Climática y de Precipitación Promedio Anual, fueron estandarizados por medio de valores "Z" tal y como se indica en Ogalla y Nassibi (1984<sup>4</sup>), mediante la fórmula:

$$Z = (V_0 - V_m) / S_d$$

En donde  $V_0$  = el valor observado de precipitación anual en mm

$V_m$  = el valor medio de todos los valores observados en la serie de tiempo

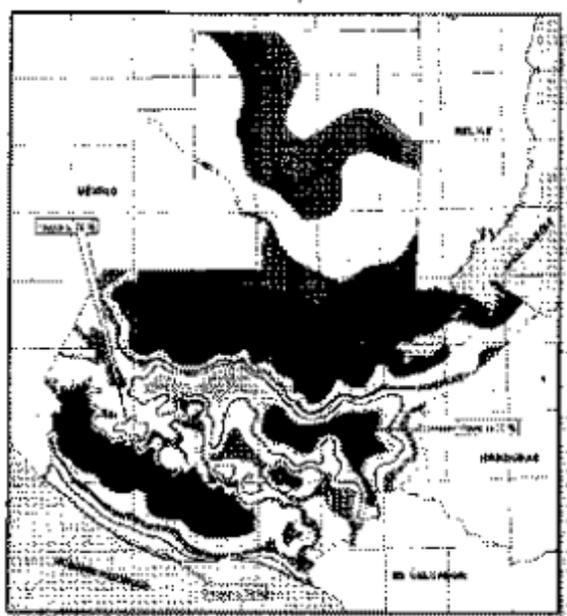
$S_d$  = la desviación estándar de los valores observados en la serie analizada

El procedimiento se realizó agregando una columna en la base de datos asociada a cada mapa donde se realizaron los cálculos de la fórmula, posteriormente se obtuvo un mapa "raster" de desviaciones estándar de los mapas indicados y el procedimiento algebraico consistió en obtener un promedio. Los valores "Z" del mapa resultante fueron convertidos a probabilidades mediante la opción

<sup>4</sup> OGALLA, L.L.; NASSIBI, ER. 1984. Drought Patterns and Families in East Africa during 1922-1983. Second WMO Symposium on Meteorological Effects of Tropical Droughts, Fortaleza, 1984, 41-44 p.

"NORMSDIST" que brinda Excel® y su representación gráfica, se muestra en la Figura 1.3.

Fig. 1.3 Mapa de probabilidades de ocurrencia de sequías



#### 2.4 Determinación del Mapa de Amenazas de Sequía

El mapa de amenazas por sequía se obtuvo por medio de una calificación realizada según "criterio experto", combinando la aridez de las regiones climáticas con la probabilidad de ocurrencia de sequías. El principio considerado ha sido que zonas de mayor aridez y con mayor probabilidad de ocurrencia de estos eventos, deberían ser calificadas con un mayor grado de amenaza al fenómeno estudiado. Los resultados se muestran en el Cuadro 1.2, el Mapa generado y los municipios que intersectan con las áreas geográficas en el Anexo.

Es importante indicar que con el método descrito se obtiene una mapa de áreas geográficas y esto es sumamente importante para poder operar el mapa en un SIG, ya que es posible zonificar a diferentes niveles de análisis por ejemplo, a nivel regional, departamental, municipal u otros límites que se requieran. Los niveles de análisis que se realicen, permiten determinar la superficie ocupada por cada grado de amenaza y con esta base, es posible ponderar el resultado a efectos de establecer un orden de prioridad. Esto se realizó en los cortes municipales que se muestran en el Anexo.

Cuadro 1.2 Clasificación del grado de amenaza por sequía en áreas del país.

Probab. de sequías (A)	Índice de Aridez (B)	Clasificación de Aridez	Grado de amenaza (A*B)	Área del país (Km <sup>2</sup> )	(%) del país
50 %	0.227 - 0.317	Semi Árido	Extremad.alto	1669.46	1.53%
90%	0.317 - 0.406	Semi Árido	Muy alto	3839.25	3.53%
90%	0.406 - 0.5	Semi Árido	Alto	3814.66	3.50%
90%	0.5 - 0.585	Sub Húmedo Seco	Alto	1673.77	1.54%
90%	0.585 - 0.65	Sub Húmedo Seco	Alto	818.56	0.77%
90%	0.65 - 0.763	Sub Húmedo Seco	Alto	407.83	0.37%
70 %	0.406 - 0.5	Semi Árido	Alto	9.12	0.01%
70%	0.5 - 0.585	Sub Húmedo Seco	Medio	1583.33	1.47%
70%	0.585 - 0.65	Sub Húmedo Seco	Medio	5445.31	5.00%
70%	0.65 - 0.763	Sub Húmedo Seco	Medio bajo	12161.10	11.17%
70%	0.763 - 1.00	Húmedo	Medio bajo	29099.36	27.55%
70%	1.00 - 1.25	Húmedo	Bajo	11819.96	10.86%
70%	1.25 - 5.6	Húmedo	Bajo	858.72	0.79%
50 %	0.365 - 1.00	Húmedo	Bajo	14.82	0.01%
50%	1.00 - 1.25	Húmedo	Bajo	5530.07	5.08%
50%	1.25 - 5.6	Húmedo	Muy bajo	16548.96	15.20%
20 %	1.25 - 5.6	Húmedo	Muy bajo	6599.69	6.06%
10 %	1.25 - 5.6	Húmedo	Muy bajo	3297.30	3.03%
5 %	1.25 - 5.6	Húmedo	Muy bajo	1415.44	1.30%
1 %	1.25 - 5.6	Húmedo	Muy bajo	582.48	0.54%

### 3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Más del 10% del territorio nacional posee un alto grado de amenaza a sequías, en este territorio se encuentra al menos 35 municipios, con el factor agravante que poseen una alta densidad de población.

Los datos analizados de las estaciones meteorológicas y con respecto a las anomalías negativas en las precipitaciones, indican que a partir de los años 70's aumentó significativamente la ocurrencia de eventos tipificados como sequías.

Las dos condiciones anteriores obligan a los planificadores del desarrollo y a los gestores del riesgo, a considerar las medidas que permitan un cuidadoso manejo de los recursos hídricos, sobre todo deberá atenderse en forma urgente al cuidado de la cobertura forestal en las zonas de captación y recarga hídrica de los territorios afectados.

### ANEXO

# MAPA DE AMENAZA POR SEQUIA

## República de Guatemala



**Zonas del país y su grado de amenaza**

Grado de amenaza	Área (Km <sup>2</sup> )	%A
Extremadamente alta amenaza	1466,16	1,72
Alta	4009,34	3,83
Media	26512,77	6,26
Baja	7120,05	0,46
Muy baja	42582,45	38,72
	16229,67	18,78
	32667,89	27,24

Elaborado por:  
 Laboratorio de Información Geográfica (LIG) del  
 Centro de Estudios Demográficos, Sociológicos, Económicos,  
 Estadísticos e Históricos (CIES-CEDESAE) del INEC.  
 Unidad de Información Geográfica (UIG) del INEC.  
 Programa de Maestría en Ambiente,  
 Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible (MARN-UNAM).

Escala 1:1.000.000



Proyecto de mapas digitales (PROMADIG) del INEC.  
 Proyecto de mapas temáticos (PROMATEM) del INEC.  
 Unidad de Información Geográfica (UIG) del INEC.

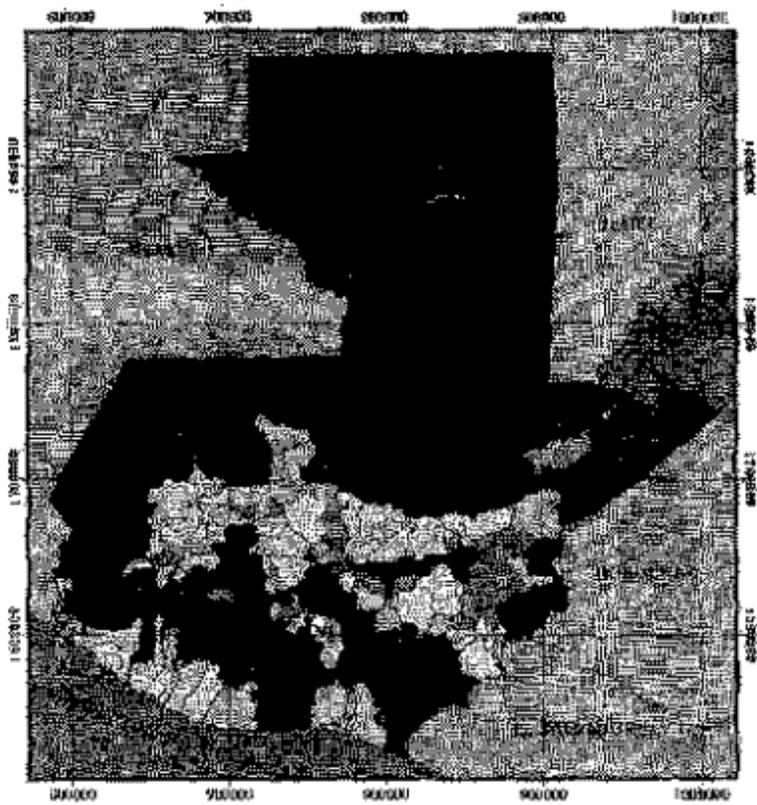
Financiado por el Proyecto de Maestría en Ambiente,  
 Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible (MARN-UNAM).  
 Unidad de Información Geográfica (UIG) del INEC.

**Servicio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).**  
 Laboratorio de Información Geográfica  
 Guatemala, Mayo del 2002.



# Municipios Priorizados según Superficie Amenazada por Sequía

## República de Guatemala



**LEYENDA**

Municipios Priorizados según Superficie Amenazada por Sequía

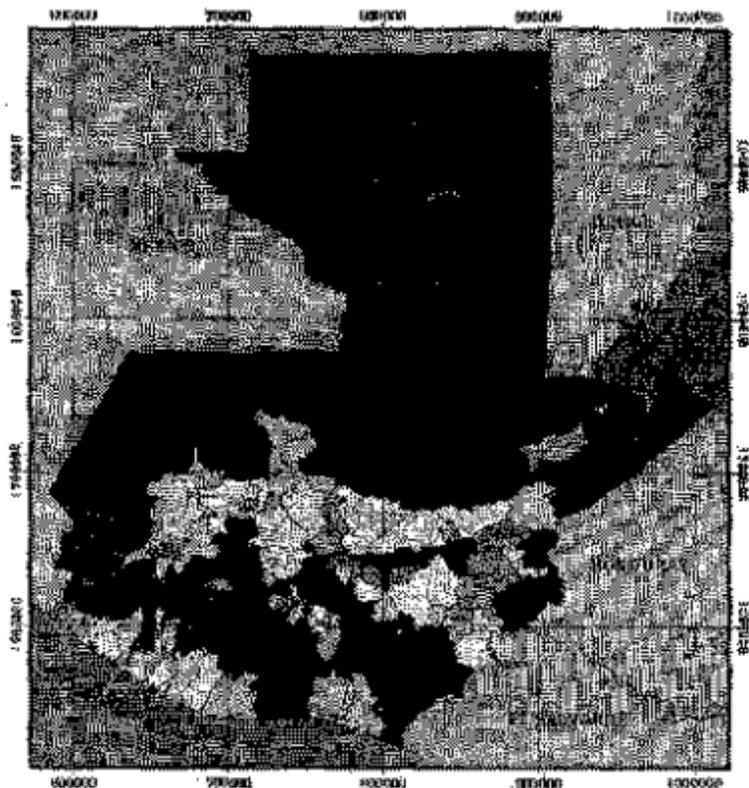
Superficie	Prioridad
Extremadamente Alta	1
Alta	2
Alta	3
Medio	4
Baja	5
Muy Baja	6

Límite Geográfico de la red Municipal  
 Superficie de Sequía





# Municipios Priorizados según Superficie Amenazada por Sequía República de Guatemala



Escala: 1:500,000

## LEYENDA

Municipios Priorizados según Superficie Amenazada por Sequía

Clasificación	Nº Municipal
Extremadamente alta	1
Muy Alta	2
Alta	3
Medio	4
Baja	5
Muy Baja	6

-  Límite Departamental
-  Límite Municipal
-  Cuencas de Agua



TABLA DE PRIORIZACION DE MUNICIPIOS SEGUN SUPERFICIE AMENAZADA POR SEQUIA

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Superficie Municipal en Ha.	% de superficie amenazada según el grado de amenaza			
				Extremadamente alta	Alta	Medio	Baja o Muy Baja
1	Antioquia	Amalfi	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	Antioquia	Armenia	78.17	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3	Antioquia	Baranoeta	11.17	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
4	Antioquia	Beltrán	11.17	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
5	Antioquia	Bogotá	11.17	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6	Antioquia	Buenaventura	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
7	Antioquia	Caldas	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
8	Antioquia	Caramanta	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
9	Antioquia	Cebsa	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
10	Antioquia	Cerrito	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
11	Antioquia	Cicoy	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12	Antioquia	Ciriguela	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
13	Antioquia	Cocornabo	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
14	Antioquia	Cogita	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
15	Antioquia	Copacabana	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
16	Antioquia	Coperto	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
17	Antioquia	Copio	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
18	Antioquia	Copogon	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
19	Antioquia	Copon	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
20	Antioquia	Copora	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
21	Antioquia	Copre	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
22	Antioquia	Copuna	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
23	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
24	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
25	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
26	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
27	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
28	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
29	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
30	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
31	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
32	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
33	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
34	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
35	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
36	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
37	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
38	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
39	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
40	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
41	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
42	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
43	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
44	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
45	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
46	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
47	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
48	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
49	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
50	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

\* La priorización de los municipios se realizó con base a la mayor superficie amenazada por sequía en los municipios de Antioquia.

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Superficie Municipal en Ha.	% de superficie amenazada según el grado de amenaza			
				Extremadamente alta	Alta	Medio	Baja o Muy Baja
51	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
52	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
53	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
54	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
55	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
56	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
57	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
58	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
59	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
60	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
61	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
62	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
63	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
64	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
65	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
66	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
67	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
68	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
69	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
70	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
71	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
72	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
73	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
74	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
75	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
76	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
77	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
78	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
79	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
80	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
81	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
82	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
83	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
84	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
85	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
86	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
87	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
88	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
89	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
90	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
91	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
92	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
93	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
94	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
95	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
96	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
97	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
98	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
99	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
100	Antioquia	Copuná	27.10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

**METODO UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DEL  
"MAPA DE AMENAZA POR HELADAS"**

4

## **INTRODUCCION**

El Laboratorio de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura, Ganadería e Alimentación SIG/MAGA-, con la colaboración del Instituto Nacional de Geología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y el apoyo de un consultor experto en estadística contratado por el Programa Mundial de Alimentos -PMA-, han realizado los análisis necesarios para determinar la amenaza de heladas en Guatemala. Para realizarlo, se utilizó como principal insumo el Mapa de Zonas Susceptibles a Heladas realizado por el Proyecto ESPREDE-CATIE en el Programa de Emergencia por Desastres Naturales (MAGA-PEDN, 2001<sup>1</sup>).

El análisis realizado se obtuvieron 2 mapas a escala 1:250,000, el primero de ellos muestra la región bajo amenaza de helada, que es el resultado de determinar las correlaciones existentes entre elevación sobre el nivel del mar y temperatura y el segundo, correspondiente a municipios amenazados por helada, que es el resultado de ponderar la superficie de las regiones respecto al área total municipal; habiéndose utilizado la información de 83 estaciones meteorológicas del INSIVUMEH, ubicadas sobre los 900 msnm y con más de 35 años de registro.

## **DESCRIPCIÓN DEL METODO UTILIZADO**

El método utilizado se describe a continuación:

### **2.1 Elaboración del Mapa de Regiones con Amenaza por Heladas**

De las 83 estaciones meteorológicas, se analizó la serie de registro de los años 1960 a 1996. El análisis se realizó con base a la correlación existente, entre los datos de temperaturas mínimas absolutas anuales y la elevación (msnm) de la ubicación geográfica de las estaciones.

#### **a) Relaciones entre Temperatura Mínima y la Elevación**

Se considera el valor límite de heladas a la temperatura de congelación del agua (0° C). Sobre el concepto de heladas, se utilizó el estudio de ESPREDE-CATIE (2000)<sup>2</sup> donde se manejó este valor para determinar la susceptibilidad al fenómeno, ya que la mayor influencia sobre la fisiología de los cultivos ocurre cuando se da un descenso por debajo de 0° C, en la temperatura de la capa más baja del aire (1 ó 2 metros).

<sup>1</sup> GUATEMALA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACIÓN. 2001. Programa de Emergencia por Desastres Naturales. Proyecto de Asistencia Técnica y Generación de Información, ESPREDE-CATIE/ Base Espacial Digital de la República de Guatemala. Escala 1:250,000. Guatemala.

<sup>2</sup> Idem.

Asimismo, el estudio de ESPREDE-CATIE, determinó una correlación entre la elevación del terreno y los valores de temperatura mínima, que indican la ocurrencia de cierta probabilidad de heladas; presentándose en el Cuadro 2.1 la asignación de categorías y los valores establecidos respecto al resultado de la relación entre temperatura mínima y elevación (Q%), los datos de probabilidad a heladas (P%) y el valor inferior del intervalo de elevación en msnm (E). Las categorías definidas hacen referencia a las áreas donde la probabilidad de que la temperatura mínima en cualquier año, descienda por debajo de 0 °C, pueda ser de 90%, 10% y 1%; para un tiempo de retorno (Tr) de 1 - 100 años.

**Cuadro 2.1** Categorías de la probabilidad de ocurrencia de heladas, según elevación (msnm) y la relación temperatura mínima - elevación.

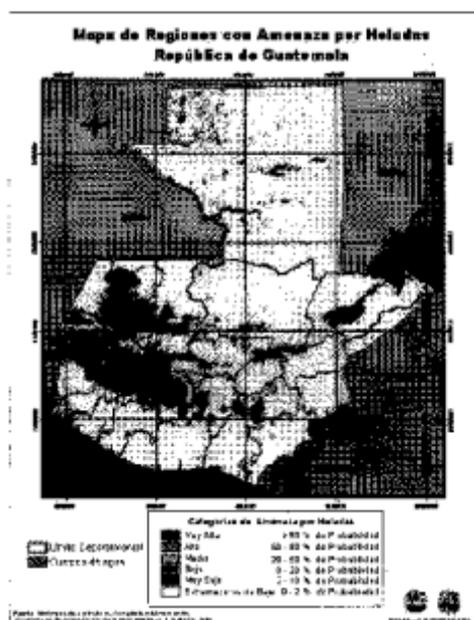
Categoría	P%	Q%	Tr (años)	E (msnm)
Baja	99	1	100	1606
	98	2	50	1717
	95	5	20	1851
Moderada	90	10	10	1972
	80	20	50	2078
	50	50	20	2257
Severa	10	90	1.11	2530
	5	95	1.05	2601
	2	98	1.02	2686
	1	99	1.01	2749

#### b) Definición de las Regiones con Amenaza por Heladas

Con base a los datos de elevación del cuadro anterior, se procedió a delimitar gráficamente los 10 intervalos incluidos, considerando el valor mostrado como el valor inferior de cada intervalo; utilizando para ello el software *ArcView®* con su extensión *Spatial Analyst* y tomando como base el Modelo de Elevación Digital (MED) de Guatemala, en formato *raster* (cuadrícula) a escala 1:250,000.

Al mapa resultante de los 10 intervalos de elevación, se le adjuntó la base de datos que contiene las probabilidades de ocurrencia de heladas, recategorizadas en porcentaje de acuerdo a las categorías que se muestran en la Figura 2.1 (Mapa de Regiones con Amenaza por Heladas).

Figura 2.1 Mapa de Regiones con Amenaza por Helada



La importancia de definir un Mapa de Regiones con Amenaza por Heladas, radica en determinar franjas que son definidas por valores y no por puntos aislados. Estas franjas son adecuadas para realizar análisis, mezclando en diferentes arreglos, otras capas de información.

## 2.2 Mapa de Municipios Amenazados por Heladas

En primer lugar, se procedió a interseccionar el Mapa de Regiones con Amenaza por Heladas y el de Límites Municipales (MAGA-PEDN, 2,001); del mapa resultante se extrajeron los municipios con sus franjas de amenaza, a los cuales se les realizó el cálculo del Índice Ponderado de Amenaza por Heladas, al cual posteriormente se le asignaron categorías para calificar la amenaza por municipio.

### a) Cálculo del Índice Municipal Ponderado de Amenaza por Heladas

El interseccionado mencionado, se realizó con el software *ArcView*® y su extensión *GeoProcessing Wizard*® (ver Figura 2.2). Una vez realizada la intersección, se recalcularon las superficies ocupadas por cada categoría de amenaza en cada uno de los municipios.

Para cada uno de los municipios, la estimación del Índice Ponderado de Amenaza por Heladas (IPAH), se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$IPAH = (Q \times SIE) / AT$$

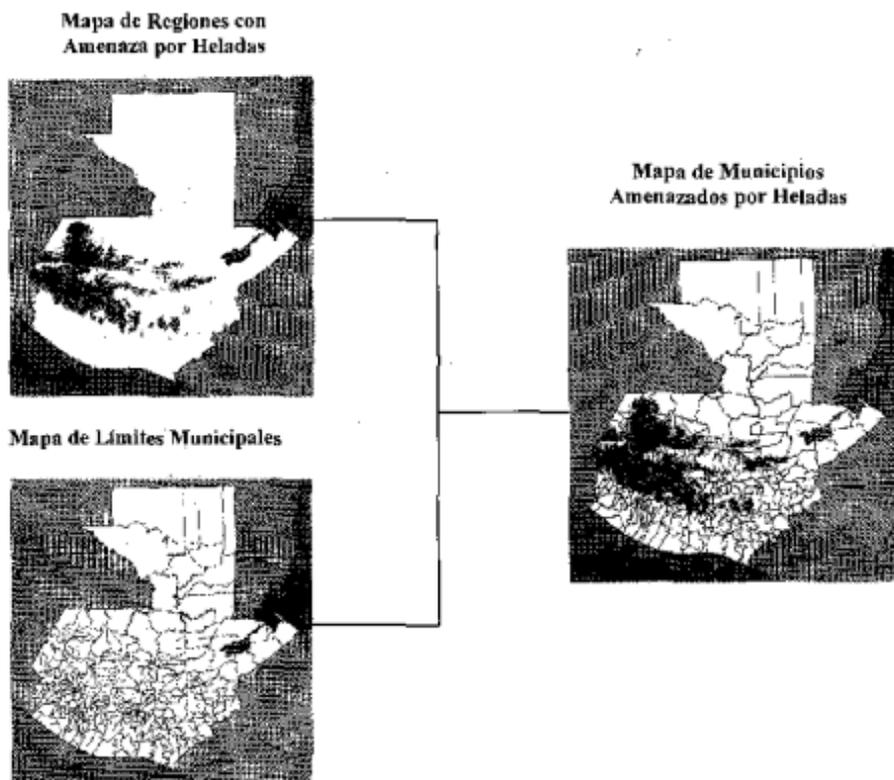
Donde:

Q = Probabilidad de helada.

SIE = Superficie del intervalo de elevación.

AT = Área total del municipio.

**Figura 2.2 División de mapas para generar el Mapa de Municipios Amenazados por Heladas**



En el Cuadro 2.2, se ejemplifica con un municipio, el procedimiento de cálculo realizado para determinar el Índice Ponderado de Amenaza por Heladas para los municipios presentes en las regiones analizadas.

Cuadro 2.2

## Ejemplo del cálculo del Índice Municipal Ponderado de Amenaza por Heladas (caso de San Carlos Sija).

Departamento	Municipio	Área Total del Municipio (ha)	Intervalo de Elevación (msnm)	(1) Probabilidad de Helada -Q-	(2) Superficie Intervalo Elevación -SIE- (ha)	(1) x (2)	Índice Ponderado de Amenaza por Heladas (IPAH)
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2257-2530	50.0%	26.01	13.005	0.00057
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2078-2257	20.0%	983.36	196.672	0.00868
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	1851-1972	5.0%	4.80	0.240	0.00001
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	1851-1972	5.0%	0.68	0.034	0.00000
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	>=2749	99.0%	1.25	1.238	0.00005
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2601-2686	95.0%	3.63	3.549	0.00015
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2601-2686	95.0%	1.37	1.302	0.00006
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	>=2749	99.0%	20.50	20.097	0.00089
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2601-2686	95.0%	3.26	3.097	0.00014
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2530-2601	90.0%	325.10	292.590	0.01292
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2686-2749	98.0%	3.91	3.832	0.00017
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2530-2601	90.0%	18.57	16.713	0.00074
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2601-2686	95.0%	0.68	0.646	0.00003
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2530-2601	90.0%	161.25	145.125	0.00641
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2686-2749	98.0%	2580.51	2528.900	0.11163
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2686-2749	98.0%	331.64	325.002	0.01433
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2686-2749	98.0%	415.99	407.620	0.01800
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	>=2749	99.0%	7655.19	7578.638	0.33554
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2601-2686	95.0%	392.98	373.331	0.01648
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2601-2686	95.0%	1328.42	1261.999	0.05571
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2530-2601	90.0%	47.41	42.669	0.00188
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2601-2686	95.0%	127.98	121.581	0.00537
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2257-2530	50.0%	1995.53	997.765	0.04404
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2078-2257	20.0%	2726.63	545.326	0.02403
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	1972-2078	10.0%	2644.42	264.442	0.01167
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	1851-1972	5.0%	851.65	42.583	0.00188
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	1712-1851	2.0%	1.24	0.027	0.00000
<b>Total del IPAH (ponderado respecto a la superficie total del municipio)</b>							<b>0.670437</b>
<b>Total del IPAH expresado en Porcentaje</b>							<b>67.04%</b>

## b) Calificación de las categorías del IPAH

El IPAH fue calificado por Categorías de Amenaza por Helada, conforme al grado de amenaza y su agrupación en intervalos porcentuales; siendo el resultado el siguiente y su ilustración en el mapa del Anexo.

- Muy bajo (0 – 10% IPAH)
- Bajo (10 – 30% IPAH)
- Medio bajo (30 – 50% IPAH)
- Medio alto (50 – 70% IPAH)
- Alto (70 – 90% IPAH)
- Muy alto ( mayor a 90% IPAH)

### 3. **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

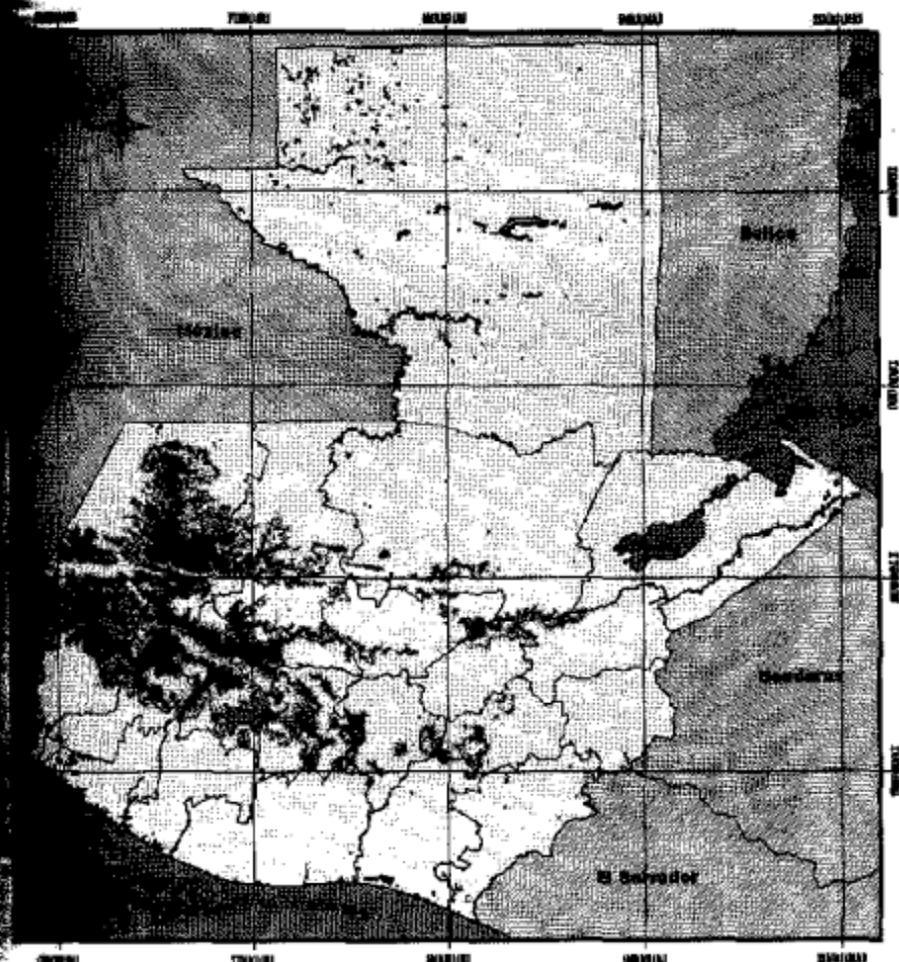
El Mapa de Regiones con Amenaza por Heladas, permite determinar que 7,622 km del país (7% del total), se encuentran con una probabilidad mayor del 50% a sufrir los efectos de las heladas; especialmente en zonas localizadas sobre los 2200 msnm, ubicadas en la Sierra Madre y la Sierra de Los Cuchumatanes.

El Mapa de Municipios Amenazados por Heladas, muestra que existen 7 municipios calificados por la categoría *Muy Alto* y 37 entre las categorías *Medio Alto* y *Alto* (ver Anexo); en los cuales es necesario promover acciones de gestión de riesgo para disminuir los efectos del fenómeno.

### **ANEXO**

Mapa de municipios amenazados por heladas, República de Guatemala.  
Tabla de municipios amenazados por heladas.

# Mapa de Regiones con Amenaza por Heladas República de Guatemala



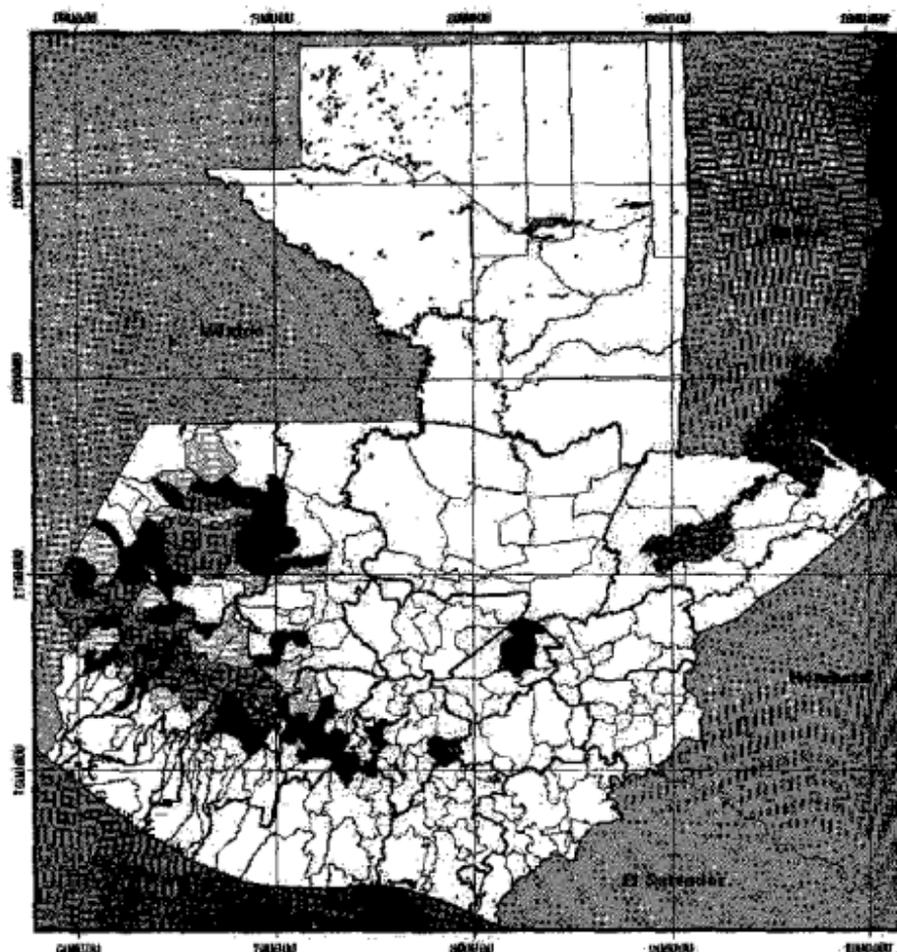
## Categorías de Amenaza por Heladas

	Muy Alta	> 90 % de Probabilidad
	Alta	50 - 90 % de Probabilidad
	Media	20 - 50 % de Probabilidad
	Baja	10 - 20 % de Probabilidad
	Muy Baja	2 - 10 % de Probabilidad
	Extremadamente Baja	0 - 2 % de Probabilidad

 Límite Departamental

 Cuerpos de agua

# Mapa de Municipios Amenazados por Heladas República de Guatemala



Límite municipal  
 Límite departamental

**Categorías de Amenaza por Municipios**  
(Según Porcentaje de Índice Tendencia de Amenaza por Heladas (IATN))

	Muy Alto	> 90 %
	Alto	70 - 90 %
	Medio alto	50 - 70 %
	Medio bajo	30 - 50 %
	Bajo	10 - 30 %
	Muy bajo	0 - 2 %

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación  
Programa de Emergencias por Desastres Naturales-SIO-MA-BP, 2001





Tabla de Municipios Amenazados por Heladas.

No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÍNDICE DE AMENAZA (A)	No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÍNDICE DE AMENAZA (B)
83	San Marcos	San Rafael		139	San Marcos	Parícuti	4.13752705
84	San Marcos	San Mateo Atenco		140	San Marcos	Guadalupe	3.24230730
85	San Marcos	Cuicatlan		141	San Marcos	El Palmar	3.14600104
86	San Marcos	San Agustín Acasitlan		142	San Marcos	Tuxtla	3.08751887
87	San Marcos	San Mateo		143	San Marcos	Pocumuc	3.01468797
88	San Marcos	San Pedro		144	San Marcos	Chilpancingo	3.00322422
89	San Marcos	San Pedro Nebulón		145	San Marcos	Orizaba	3.00232011
90	San Marcos	San Jorge La Laguna		146	San Marcos	Juchitán	3.00173441
91	San Marcos	San Lucas Kuaukapulchín		147	San Marcos	Chimulm	3.00136784
92	San Marcos	San Marcos		148	San Marcos	San Mateo Chole	3.00134376
93	San Marcos	San Pedro La Laguna		149	San Marcos	Chimaltenango	3.00129434
94	San Marcos	Tuxtla		150	San Marcos	San Mateo Ixcotel	3.00125416
95	San Marcos	San Juan La Laguna		151	San Marcos	San Mateo Chole	3.00117973
96	San Marcos	San Mateo Nebulón		152	San Marcos	San Andrés Sajalá	3.00115236
97	San Marcos	San Juan Planá		153	San Marcos	Patulul	3.00109707
98	San Marcos	Arriaga		154	San Marcos	Chimaltenango	3.00109707
99	San Marcos	Arriaga		155	San Marcos	El Totol	3.00109707
100	San Marcos	Arriaga		156	San Marcos	Arriaga	3.00109707
101	San Marcos	Arriaga		157	San Marcos	Patulul	3.00109707
102	San Marcos	Arriaga		158	San Marcos	San Juan La Laguna	3.00109707
103	San Marcos	Arriaga		159	San Marcos	San Marcos	3.00109707
104	San Marcos	Arriaga		160	San Marcos	Patulul	3.00109707
105	San Marcos	Arriaga		161	San Marcos	San Andrés Sajalá	3.00109707
106	San Marcos	Arriaga		162	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
107	San Marcos	Arriaga		163	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
108	San Marcos	Arriaga		164	San Marcos	Chilpancingo	3.00109707
109	San Marcos	Arriaga		165	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
110	San Marcos	Arriaga		166	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
111	San Marcos	Arriaga		167	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
112	San Marcos	Arriaga		168	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
113	San Marcos	Arriaga		169	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
114	San Marcos	Arriaga		170	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
115	San Marcos	Arriaga		171	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
116	San Marcos	Arriaga		172	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
117	San Marcos	Arriaga		173	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
118	San Marcos	Arriaga		174	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
119	San Marcos	Arriaga		175	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
120	San Marcos	Arriaga		176	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
121	San Marcos	Arriaga		177	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
122	San Marcos	Arriaga		178	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
123	San Marcos	Arriaga		179	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
124	San Marcos	Arriaga		180	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
125	San Marcos	Arriaga		181	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
126	San Marcos	Arriaga		182	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
127	San Marcos	Arriaga		183	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
128	San Marcos	Arriaga		184	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
129	San Marcos	Arriaga		185	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
130	San Marcos	Arriaga		186	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
131	San Marcos	Arriaga		187	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
132	San Marcos	Arriaga		188	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
133	San Marcos	Arriaga		189	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
134	San Marcos	Arriaga		190	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
135	San Marcos	Arriaga		191	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
136	San Marcos	Arriaga		192	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
137	San Marcos	Arriaga		193	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
138	San Marcos	Arriaga		194	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
139	San Marcos	Arriaga		195	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
140	San Marcos	Arriaga		196	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
141	San Marcos	Arriaga		197	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
142	San Marcos	Arriaga		198	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
143	San Marcos	Arriaga		199	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707
144	San Marcos	Arriaga		200	San Marcos	San Mateo Chole	3.00109707

NO.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VALOR DE LA ANOTACION (P)	NO.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	VALOR DE LA ANOTACION (P)
181	San Martín	Cumbes	0.40000000	251	Trujillo	San Luis Obispo	0.00000000
182	Huancabamba	San Juan	0.20000000	252	San Martín	Chicla Vieja	0.00000000
183	San Juan	San Juan de los Rios	0.20000000	253	Chicla Vieja	Chicla Vieja	0.00000000
184	San Juan	Casapalca	0.00000000	254	Trujillo	Parisc	0.00000000
185	Huancabamba	San Miguel Chico	0.00000000	255	San Martín	Embera	0.00000000
186	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000	256	Trujillo	San Juan Emilio	0.00000000
187	San Martín	Parisc	0.00000000				
188	San Martín	El Cuzco	0.00000000				
189	Huancabamba	Villa Chacabamb	0.00000000				
190	San Martín	Jirón	0.00000000				
191	Huancabamba	Cuzco	0.00000000				
192	San Martín	San Antonio	0.00000000				
193	Huancabamba	Lucas	0.00000000				
194	Jirón	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
195	Huancabamba	Parisc	0.00000000				
196	Huancabamba	San Antonio	0.00000000				
197	San Martín	San Juan	0.00000000				
198	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
199	San Martín	San Antonio	0.00000000				
200	San Martín	San Juan	0.00000000				
201	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
202	San Martín	San Juan	0.00000000				
203	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
204	San Martín	San Juan	0.00000000				
205	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
206	San Martín	San Juan	0.00000000				
207	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
208	San Martín	San Juan	0.00000000				
209	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
210	San Martín	San Juan	0.00000000				
211	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
212	San Martín	San Juan	0.00000000				
213	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
214	San Martín	San Juan	0.00000000				
215	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
216	San Martín	San Juan	0.00000000				
217	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
218	San Martín	San Juan	0.00000000				
219	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
220	San Martín	San Juan	0.00000000				
221	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
222	San Martín	San Juan	0.00000000				
223	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
224	San Martín	San Juan	0.00000000				
225	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
226	San Martín	San Juan	0.00000000				
227	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
228	San Martín	San Juan	0.00000000				
229	San Martín	San Pedro de Cuzco	0.00000000				
230	San Martín	San Juan	0.00000000				

**METODO UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DEL**  
**“MAPA DE AMENAZA POR INUNDACIONES”**

## **INTRODUCCIÓN**

El Laboratorio de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA– basado en registros proporcionados por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres –CONRED– y el apoyo de un consultor experto en estadística contratado por el Programa Mundial de Alimentos –PMA–; ha elaborado un mapa de zonas del país bajo amenaza de inundaciones. El análisis se ha efectuado a nivel de cuenca y posteriormente, el Laboratorio indicado analizó los municipios que poseen áreas inundables ponderándose el grado de amenaza al fenómeno estudiado. Se describe el método de análisis efectuado.

## **DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO**

El análisis comenzó con la recopilación de eventos de inundación realizado por CONRED, entre los años 1996 al 2000. Los puntos georeferenciados fueron introducidos en un sistema de información geográfica, y se analizó a nivel de cuenca la frecuencia de ocurrencia de los eventos y su probabilidad de inundación.

A su vez, se analizó las áreas del país que poseen i) problemas de drenaje y dan como resultado áreas permanentemente inundadas y ii) áreas susceptibles a inundación generalmente en las márgenes de los ríos.

Posteriormente, se integró ambos análisis cruzándolos con un mapa administrativo a nivel municipal y se realizó una serie de ponderaciones según el grado de exposición al fenómeno estudiado. La secuencia metodológica realizada fue la siguiente:

### **2.1 Confección de una base de datos referida a eventos de inundaciones**

Se contó con una base de datos recopilados a partir de reportes diarios de CONRED, que cubre el periodo indicado y en total cuenta con 215 registros. Estos puntos fueron georeferenciados en el Laboratorio de SIG del MAGA, tomando como referencia la descripción del lugar del evento. A la base de datos generada se le asoció un campo código referido a cuencas.

### **2.2 Cálculo de probabilidades de inundación y mapa de cuencas priorizadas**

Se estimó la probabilidad de ocurrencia de inundaciones en las cuencas (P<sub>Inu</sub>), para ello se tomó en cuenta la repetibilidad de las inundaciones así como el efecto de la tendencia a incrementarse, en el periodo de tiempo evaluado. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_{inu} = \left( \frac{\sum A_e}{A} \right) * \left( \frac{\sum_{i=1}^5 (E_i * i)}{\sum i} \right)$$

Donde:

A<sub>e</sub> = Años con eventos de inundación

A = Total de años en el período

E = Número de eventos de inundación en la cuenca

i = Número de orden del año

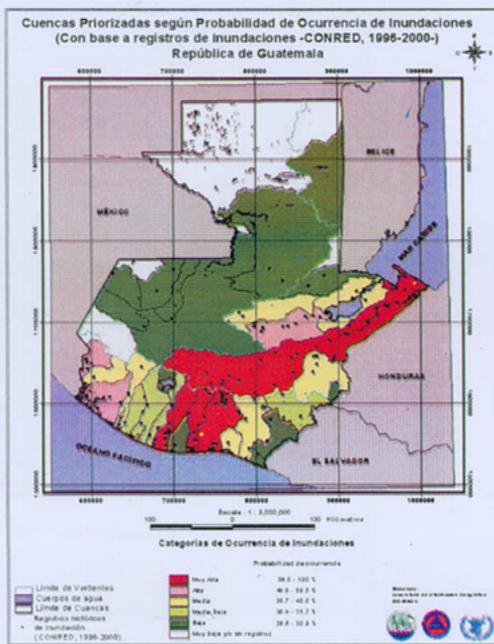
Los resultados se muestran en el cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1** Eventos de inundación 1996-2000 y cálculo de probabilidad a inundación según cuenca y año del evento

Código Cuenca	Nombre	Años					Total	(1) % Años	(2) Tendencia Eventos	(3 x 2) Repeti- bilidad	x_Reget.	Probabilidad Inundación
		1996	1997	1998	1999	2000						
2.7	Mungua	3		6	19	16	44	0.80	11.80	9.44000	3.71711	0.99989921
1.10	Coyolate	1	11	1	9	7	29	1.00	6.47	6.46667	2.36208	0.99091376
1.13	Mano Linda	4	2	3	2	13	21	1.00	6.00	6.00000	2.14951	0.98419917
1.12	Achiquito	1		1	7	7	16	0.80	4.67	3.57333	1.91151	0.85164180
2.4	Polochic	4	4		3	2	13	0.80	7.77	1.84333	0.24143	0.59556661
1.2	Sacubate		1		2	7	10	0.60	1.60	1.80000	0.23576	0.59463442
1.4	Ocaño				6	7	13	0.40	3.93	1.57333	0.13206	0.55253146
2.1	Río Grande de Zoqoga			1	3	3	7	0.60	2.00	1.20000	-0.03808	0.18481247
1.15	Los Esclavos	1		2	4		7	0.60	1.53	0.92000	-0.16568	0.43470355
1.14	Paso Honoo		1		3	1	5	0.60	1.27	0.76000	-0.23860	0.40570852
2.3	Lago de Izabal - Río Dulce		5	1		1	7	0.60	1.76	0.32000	-0.25683	0.79886600
2.5	Calabón			1	1	1	4	0.80	0.87	0.63333	-0.26898	0.76397248
1.3	Marzojo			1	4	5	10	0.10	1.53	0.61333	-0.30544	0.78031618
1.5	Sirozú				3	2	5	0.40	1.47	0.58667	-0.31739	0.37539760
1.17	Ostúa-Güija			1	1	1	3	0.60	0.80	0.48000	-0.36820	0.35710730
1.9	Madre Vieja				2	1	3	0.40	0.87	0.34667	-0.42697	0.23470219
1.6	Sir-Jean				1	1	2	0.40	0.60	0.24000	-0.47458	0.31718880
1.7	Mualtre				1	1	2	0.40	0.60	0.24000	-0.47553	0.31718880
1.11	Azomé		1				2	0.40	0.17	0.18667	-0.49888	0.30857906
2.6	Sorobá		1				2	0.40	0.47	0.18667	-0.49888	0.30857906
3.8	La Pasión		1	1			2	0.40	0.33	0.11333	0.52419	0.90007435
3.5	Sanín			2			2	0.20	0.40	0.08000	-0.51819	0.29107671
1.18	Otuno					1	1	0.20	0.33	0.05667	-0.55857	0.28959461
1.8	Añilín					1	1	0.20	0.33	0.05667	-0.55437	0.28959461
2.7	Mecapán Ichoc					1	1	0.20	0.33	0.05667	-0.55437	0.28959461
3.9	Ventón					1	1	0.20	0.33	0.05667	-0.55457	0.28959461
3.7	Seligua				1		1	0.20	0.27	0.05333	-0.56065	0.28751952
2.8	Kacibul					1	1	0.20	0.17	0.23333	-0.36065	0.38751952
1.10	San			3			3	0.20	0.20	0.04000	-0.56672	0.28545149
3.7	Palmas					1	1	0.20	0.20	0.04000	-0.36672	0.28545149

Con los resultados que se muestran en el cuadro anterior, se confeccionó el Mapa de Cuencas Priorizadas según probabilidad de ocurrencia de inundaciones que se muestra en la Figura 3.1.

Figura 3.1 Mapa de cuencas priorizadas



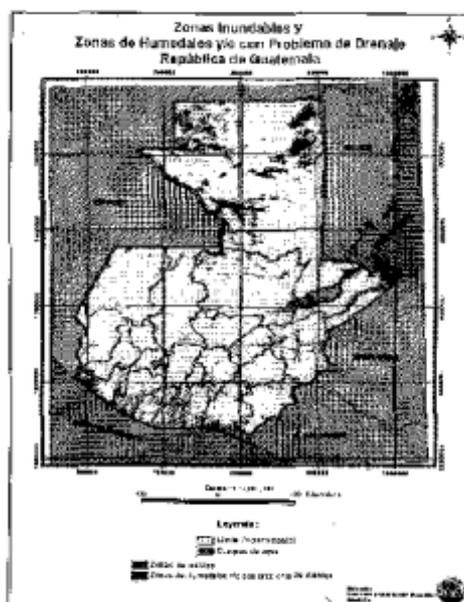
### 2.3 Delimitación de zonas inundables y zonas de humedales y/o zonas con problemas de drenaje

Se interpretó en forma análoga un juego de imágenes LANDSAT georeferenciadas, a escala 1:250,000, con cubrimiento total del país. Este juego de imágenes fue tomada en el mes de marzo de 1996, o sea en la temporada seca. Para el efecto se imprimieron con una combinación de bandas denominada pseudocolor (R : 4, G : 3, B : 2), con el software ERDAS Imagine®.

La interpretación analógica fue realizada por un experto en fotointerpretación y cartografía, y se refinó mediante un filtrado digital realizado a través del software indicado. Asimismo, se utilizó como elemento de apoyo la ubicación de los puntos de inundación los que fueron procesados mediante el software Arc-View®, y el Modelo de Elevación Digital (MED), generado a escala 1:250,000 por el Laboratorio de SIG del MAGA.

Este procedimiento permitió la delimitación más precisa de las zonas de humedales, zonas con problemas de drenaje y las zonas susceptibles que tienen la misma reflectancia, y esto con base a estadísticas de coloración de la imagen. El mapa resultante se muestra en la Figura 3.2.

Figura 3.2 Mapa de zonas inundables y zonas de humedales y/o con problema de drenaje



## 2.4 Mapa de municipios amenazados por inundación

Se procedió a intersectar por medio del software *ArcView*® y su extensión *GeoProcessing Wizard*® el Mapa de cuencas priorizadas (Figura 3.1) y el mapa de zonas de la Figura 3.2, con el mapa de División administrativa municipal, elaborado por el PEDN (2001<sup>1</sup>). Del mapa resultante se extrajeron los municipios que presentan áreas inundables y probabilidad de inundación por cuencas, a los cuales se les realizó el cálculo del Índice Municipal Ponderado de Amenaza por Inundación, que una vez determinado fue calificado en categorías de amenaza por municipio.

### a) Cálculo del Índice Municipal Ponderado de Amenaza por Inundación

Una vez realizada la intersección se recalcularon las superficies de área municipal inundable y la probabilidad de inundación de la fracción de cuencas presentes en el municipio.

<sup>1</sup> GUATEMALA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN. PROGRAMA DE EMERGENCIA POR DESASTRES NATURALES. Proyecto de Asistencia Técnica y Generación de Información -ESPRED-CAATIE-. 2001 Base Espacial Digital de la República de Guatemala. Escala 1:250,000.

os del análisis realizado fueron utilizados para operar la fórmula del índice, esta la siguiente:

$$\text{IMPAI} = ((\text{Pic} \times \text{Ami})/\text{Atm})$$

Probabilidad de Inundación de la fracción de la cuenca intersectada con el municipio  
 Área inundable del municipio (resultado del intersección con el mapa de la Figura 2), incluida en la fracción de la cuenca definida anteriormente.  
 Área total del municipio

El Cuadro 3.2, se ejemplifica con un municipio, el procedimiento de cálculo realizado.

Cuadro 3.2 Ejemplo del cálculo del Índice Municipal Ponderado de Amenaza por Inundación (caso de Siquinalá).

Departamento	Municipio	(1) Área Total del Municipio en km <sup>2</sup> (Atm)	Nombre de la cuenca	(2) Probabilidad de Inundación de la cuenca (Pic)	(3) Área Municipal Inundable en km <sup>2</sup> (Ami)	(4) (2) x (3)	(4)/(1) Índice Ponderado de Amenaza por Inundación -IMPAI-
Escuintla	Siquinalá	184,5	Río Acajá	0.308	22,58	6,96	0.03777
Escuintla	Siquinalá	184,5	Río Acajá	0.852	33,63	28,14	0.15254
Escuintla	Siquinalá	184,5	Río Coyolote	0.991	10,57	10,47	0.05678
Total del IMPAI (ponderado respecto a la superficie del municipio)							0.24709
Total del IMPAI expresado en Porcentaje							24.709 %

### Calificación de las categorías del IMPAI

Los resultados del índice asignado a cada municipio, fueron clasificados en Aréview a través del método "Quantiles"<sup>22</sup>; posteriormente cada uno de las clases fue calificado en función del grado de amenaza conforme a "criterio de experto", mostrándose la tabla de calificación en el Cuadro 3.3 y el mapa resultante en el Anexo.

Cuadro 3.3 Tabla de Categorías de Amenaza por Inundación, según clases del IMPAI

Categoría	Clase del Índice Ponderado (%)
Muy Alta	5.711 - 66.553
Alta	1.545 - 5.711
Media	0.651 - 1.545
Baja	0.077 - 0.651
Muy Baja	0.001 - 0.077
Extremadamente Baja	0.000 - 0.001

todo de Quantiles clasifica cada clase escogida con la misma cantidad de datos.

### 3. **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Los análisis estadísticos realizados sobre los eventos históricos de inundación permitieron establecer que: a) Existe una consistencia en la ocurrencia de eventos basados en la pendiente del área afectada, un 82.4% de los eventos ocurrieron en áreas con pendientes menores al 8%); b) La vertiente del Pacífico presenta la mayor ocurrencia de eventos (60%), seguido por la vertiente del Mar Caribe con un 36% y el 4% restante ocurrió en la vertiente del Golfo de México); c) La mayor cantidad de eventos ocurrieron en la segunda mitad del invierno, el 65.6% entre los meses de agosto y noviembre; y d) Las cuencas más afectadas fueron las del Río María Linda, Río Motagua, Río Achiguate y Río Coyolate.

Un total de 7 cuencas hidrográficas, 5 ubicadas en la Vertiente del Pacífico y 2 en la Vertiente del Caribe, poseen una probabilidad arriba del 49% de ocurrencia de eventos de inundación; representando un 18% del total de cuencas del país. De las 7 cuencas mencionadas, 4 presentan más del 85% de probabilidad de inundación, siendo estas las de los ríos: Motagua, Coyolate, María Linda y Achiguate.

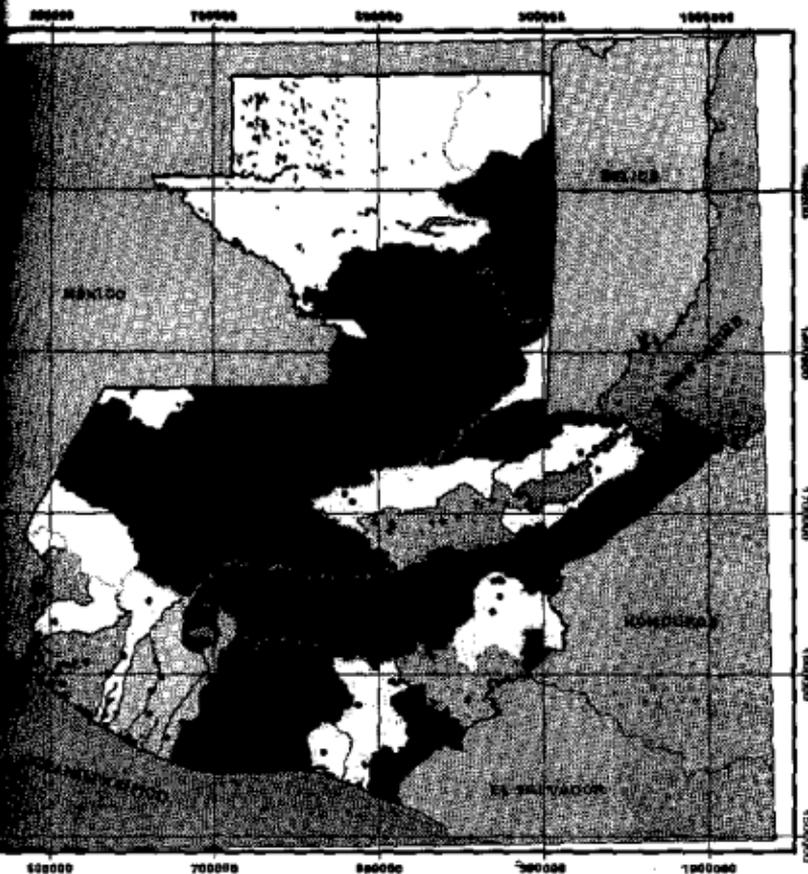
Las zonas inundadas e inundables del país, suman un total de 4,470.41 km<sub>2</sub> de superficie, equivalentes al 4.1% del total del país.

Un total de 31 municipios, se categorizan con una "Muy Alta" amenaza de inundación, ocupando una superficie de 2,326.1 km<sub>2</sub> que es equivalente al 2.13% de la superficie total del país. El detalle de la amenaza por inundación en los municipios, se presenta en el Cuadro 1.A del Anexo.

### **ANEXO**

Mapa Final: Municipios Priorizados según Amenaza de Inundación.  
Cuadro 1.A: Calificación municipal de la amenaza por inundación.

**Las Priorizadas según Probabilidad de Ocurrencia de Inundaciones  
(con base a registros de Inundaciones -CONRED, 1996-2000-)  
República de Guatemala**



Escala: 1 : 2,000,000  
0 100 Kilómetros

**Categorías de Ocurrencia de Inundaciones**

Probabilidad de ocurrencia

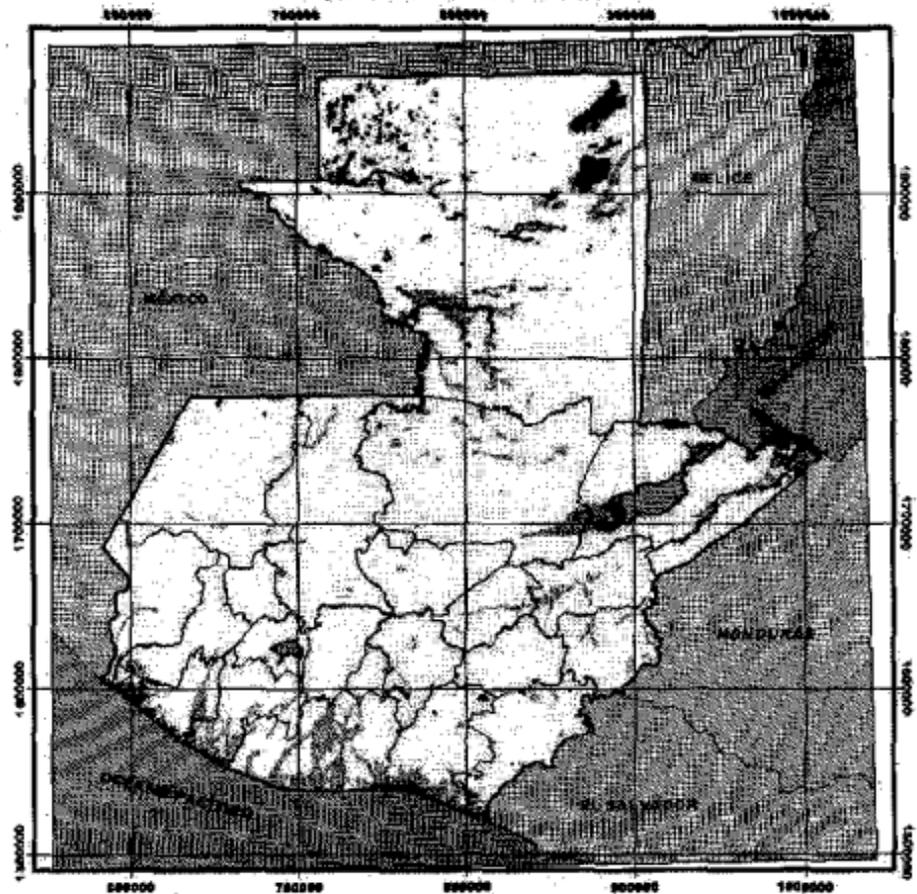
	Muy Alta	68.5 - 100 %
	Alta	48.8 - 68.5 %
	Media	28.7 - 48.8 %
	Media Baja	18.9 - 28.7 %
	Baja	9.5 - 18.9 %
	Muy Baja y/o sin registros	

MAPA TEMA:  
LAS ZONAS DE MAYOR RIESGO DE INUNDACIONES  
EN GUATEMALA



límite de Vertientes  
cuerpos de agua  
límite de Cuencas  
registros históricos  
de inundación  
(CONRED, 1996-2000)

# Zonas Inundables y Zonas de Humedales y/o con Problema de Drenaje República de Guatemala

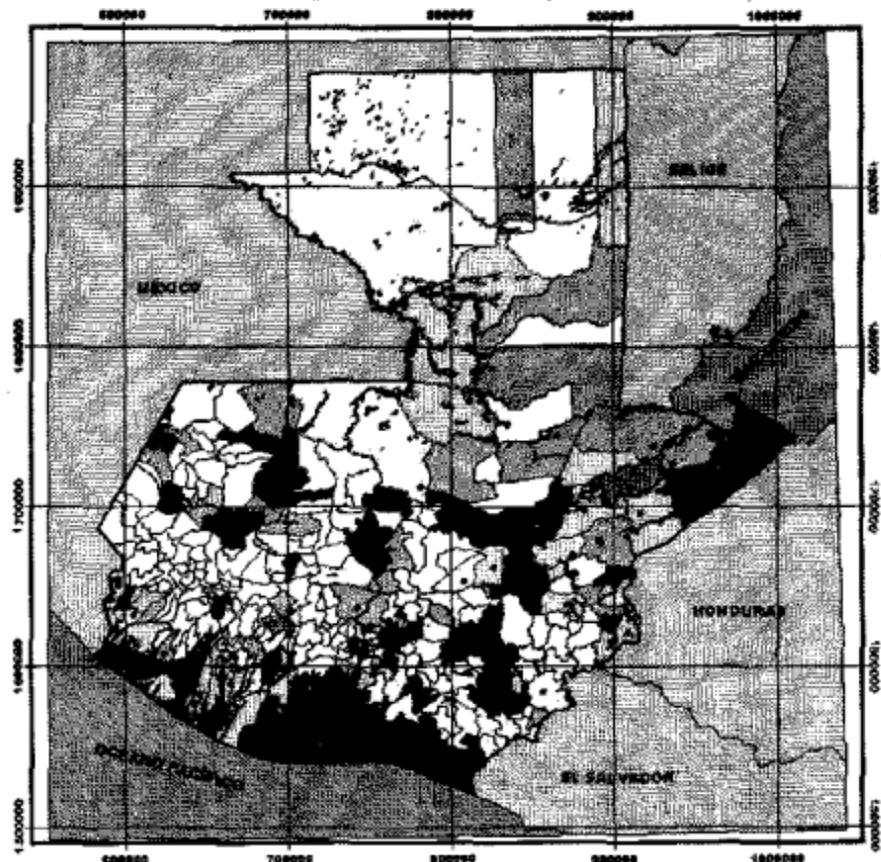


Escala : 1 : 2,000,000  
 100 0 100 Kilómetros

**Legenda :**

- Límite Departamental
- Cuerpos de agua
- Zonas Inundables
- Zonas de Humedales y/o con problema de drenaje

# Mapa Final Municipios Priorizados según amenaza de inundación (Considerando registros de inundación y áreas inundables)



Escala : 1 : 3,000,000  
0 100 Kilómetros

## Municipios Priorizados según Probabilidad de Inundación y Superficie Inundable

- Límite Departamental
- Cuerpos de agua
- Límite Municipal
- Registros históricos de inundación (CONRED, 1966-2000)
- Áreas Inundables

Categoría	Superficie inundable (km <sup>2</sup> )
Muy Alta	2,328.10
Alta	1,016.28
Media	842.29
Baja	193.58
Muy Baja	5.17
Estranadadmetes baja	

Borrador  
Elaborado por el Instituto Geográfico  
NACIONAL



Cuadro 1.A Calificación Municipal de la Amenaza por Inundación

Nº.	Departamento	Código municipal	Municipio	Área Inundable (km.)	Índice ponderado de amenaza por inundación (%)	Categoría
1	Escuintla	510	Izapa	44.10968207	65.553	Muy Alta
2	Escuintla	509	San José	89.89692284	55.961	Muy Alta
3	Escuintla	503	La Democracia	147.6143254	33.582	Muy Alta
4	Escuintla	504	Salguinal	66.20368912	24.700	Muy Alta
5	Escuintla	507	La Gomera	320.0888071	15.979	Muy Alta
6	Retalhuleu	1103	Santa Cruz Mulaú	52.13831151	15.267	Muy Alta
7	Escuintla	505	Masagua	76.84699036	15.144	Muy Alta
8	Santa Rosa	608	Chisimulilla	191.5388012	13.182	Muy Alta
9	Isabal	7804	Moaús	170.6581728	12.825	Muy Alta
10	El Progreso	2053	El Hierro	11.52872158	12.672	Muy Alta
11	Santa Rosa	609	Toxico	154.2022158	12.248	Muy Alta
12	Alta Verapaz	1607	Panuzá	228.4960557	12.256	Muy Alta
13	Zacapa	1926	Lyauatzán	13.09143157	12.079	Muy Alta
14	Escuintla	502	Santa Lucía Cotzumalguza	97.83255129	12.006	Muy Alta
15	Zacapa	1910	Itz'at	10.20824749	11.453	Muy Alta
16	Zacapa	1905	Tecululután	21.51307994	10.191	Muy Alta
17	Isabal	1301	Puerto Barrios	118.2559987	9.833	Muy Alta
18	Sejola	720	Parajachel	2.57970507	9.665	Muy Alta
19	Escuintla	508	Guanaguazapa	20.83955534	9.019	Muy Alta
20	San Marcos	1218	Ocosingo	25.6927277	8.424	Muy Alta
21	Zacapa	1907	Cabeleles	11.49603018	8.284	Muy Alta
22	Santa Rosa	611	Guzatuzapa	22.05111324	8.160	Muy Alta
23	Escuintla	501	Escuintla	51.79915164	8.059	Muy Alta
24	San Marcos	1216	Cubañón	10.51734491	7.661	Muy Alta
25	Retalhuleu	1104	Retalhuleu	130.3880999	7.580	Muy Alta
26	Guatemala	117	Perapa	1.8046052	7.463	Muy Alta
27	Escuintla	513	Nueva Concepción	55.36820548	7.110	Muy Alta
28	Jalapa	2215	Pajon	32.50261271	6.922	Muy Alta
29	El Progreso	204	San Cristóbal Acasagustán	9.87239732	5.987	Muy Alta
30	Jutiapa	2214	Itz'at	84.13571312	5.812	Muy Alta
31	Sacatepéquez	1007	San Lorenzo	51.96719245	5.807	Muy Alta
32	Retalhuleu	1102	San Sebastián	2.69417067	5.711	Alta
33	Quezaltenango	520	Cotenquec	44.16688087	5.548	Alta
34	Succhiubatepec	1207	Lanquarungo	76.25070772	5.327	Alta
35	Peñón	1310	Sigüaché	193.3649723	4.827	Alta
36	Retalhuleu	1107	Champarito	38.30193905	4.799	Alta
37	San Marcos	1215	Misobactán	16.31804371	4.666	Alta
38	Isabal	1303	El Estor	127.5834999	4.634	Alta
39	Zacapa	1923	Río Hondo	20.91245223	4.565	Alta
40	San Marcos	1217	Ayut'a	0.03043794	4.451	Alta
41	San Marcos	1214	El Rodén	3.168352	3.674	Alta
42	Guatemala	106	Criminilla	2.34162447	3.492	Alta
43	Jutiapa	2202	El Progreso	9.48005416	3.397	Alta
44	Chiquimula	2001	Chisimulilla	23.94665302	3.285	Alta
45	Escuintla	511	Palín	3.16642999	2.806	Alta
46	Retalhuleu	1106	San Andrés Villa Seca	14.36331701	2.782	Alta
47	Isabal	1305	Los Amatos	29.08532803	2.780	Alta
48	Sacatepéquez	1014	Panahú	28.00099896	2.729	Alta
49	Guatemala	101	Arastizán	2.74319379	2.674	Alta
50	Escuintla	506	Lijualte	38.16694036	2.637	Alta
51	Sacatepéquez	314	Asteramán	2.55776298	2.426	Alta
52	Sacatepéquez	1006	Santo Domingo Suchitepéquez	17.86666312	2.400	Alta
53	Retalhuleu	1105	San Felipe Retalhuleu	2.28093006	2.338	Alta
54	Peñón	1705	San Francisco	141.7061886	2.230	Alta
55	San Marcos	1211	San Rafael Pie de la Cuesta	1.52648387	2.003	Alta

Cuadro 1.A. Calificación Municipal de la Amenaza por Inundación

Departamento	Código municipal	Municipio	Area Inundable (km <sup>2</sup> )	Índice ponderado de amenaza por inundación (%)	Categoría	
46	Chiquimula	2007	Esquipulas	21.43307912	1.890	Alta
47	Chiquimula	2005	Carrotán	8.89797371	1.869	Alta
48	Zacapa	1902	Escuintla	2.51049031	1.868	Alta
49	Alta Verapaz	1613	Chisec	102.6717114	1.819	Alta
60	Petén	1711	Melchor de Mencos	124.1455524	1.702	Alta
61	Suchitepéquez	1005	San José El Tólo	7.25345447	1.670	Alta
62	El Progreso	203	San Agustín Acasaguanán	6.70038234	1.571	Alta
63	Suchitepéquez	1020	Río Bravo	7.70833229	1.545	Media
64	Zacapa	1901	Zacapa	14.97358987	1.536	Media
65	Guatemala	115	Villa Nueva	1.37255533	1.517	Media
66	Chimaltenango	412	Yepocac	3.03562653	1.474	Media
67	Solalá	713	San Lucas Totulán	3.17630743	1.443	Media
68	Jutiapa	2202	Santa Catarina Milu	8.15688783	1.438	Media
69	Quiché	142C	Playa Grande - Ixcán	79.4129025	1.433	Media
70	San Marcos	1222	Patzún	4.87556649	1.413	Media
71	Guatemala	116	Villa Canales	3.67603061	1.292	Media
72	El Progreso	201	Gustatoyá	2.64873382	1.214	Media
73	Quezaltenango	919	El Palmar	5.49687029	1.173	Media
74	Huehuetenango	1305	Necón	29.65959959	1.131	Media
75	Jutiapa	2204	Asunción Mia	14.64425696	1.059	Media
76	Petén	1701	Flores	140.5992592	1.051	Media
77	Chimaltenango	408	Pochun	3.79892677	0.982	Media
78	Huehuetenango	1319	Colotenango	2.01286285	0.914	Media
79	Jutiapa	2211	Comapa	5.3131712	0.871	Media
80	Jutiapa	2213	Comapa	4.03858238	0.876	Media
81	Petén	1705	La Libertad	194.3946109	0.864	Media
82	El Progreso	202	Morazán	2.83730875	0.816	Media
83	Alta Verapaz	1601	Cobán	64.66403977	0.813	Media
84	El Progreso	207	Sarziné	2.18943982	0.798	Media
85	Jutiapa	2212	Jutiapalpa	6.16809289	0.769	Media
86	San Marcos	1219	San Pablo	1.80063738	0.767	Media
87	Santa Rosa	601	Cuilapa	3.76043645	0.763	Media
88	Chiquimula	2010	San Jacinto	1.0533087	0.720	Media
89	Quiché	1412	Jayabaj	3.3223747	0.703	Media
90	Chiquimula	2002	San José La Arada	1.57039318	0.658	Media
91	Alta Verapaz	1615	Fray Bartolomé de las Casas	26.11942777	0.658	Media
92	Suchitepéquez	1013	Chicacao	4.33258579	0.651	Baja
93	El Progreso	208	San Antonio La Paz	0.95307549	0.646	Baja
94	Zacapa	1904	Guzmán	4.71156097	0.601	Baja
95	Alta Verapaz	1614	Chahal	8.58257743	0.575	Baja
96	Jutiapa	2207	Atrichempa	1.36512204	0.568	Baja
97	Retalhuleu	1104	San Martín Zapotitán	0.13614264	0.544	Baja
98	Isabal	1802	Lirioyán	26.30945133	0.459	Baja
99	Quiché	1421	Pachalum	0.18292368	0.437	Baja
100	Huehuetenango	1307	Jacaltenango	2.31455599	0.404	Baja
101	Baja Verapaz	1505	Grandes	0.62191583	0.402	Baja
102	San Marcos	1212	Nuevo Progreso	1.48152744	0.401	Baja
103	Quiché	1416	Sacapulas	1.95221903	0.394	Baja
104	Huehuetenango	1326	Rimilá	11.05976591	0.362	Baja
105	Huehuetenango	1310	Santa Bárbara	1.86937138	0.360	Baja
106	Petén	1708	Dolores	28.67542769	0.344	Baja
107	Petén	1709	San Lázaro	55.11204361	0.340	Baja
108	Guatemala	110	San Juan Sacatepéquez	0.92034222	0.337	Baja
109	Alta Verapaz	1612	Cabalen	8.36858094	0.337	Baja
110	Chimaltenango	403	San Martín Itz'atopique	1.32276768	0.322	Baja

Cuadro 1.A Calificación Municipal de la Amenaza por Inundación

No.	Departamento	Código municipal	Municipio	Área Inundable (km <sup>2</sup> )	Índice ponderado de amenaza por inundación (%)	Categoría
111	Alta Verapaz	1609	San Pedro Carcha	13,95771667	0.298	Baja
112	Perito	1702	San José	18,72445389	0.259	Baja
113	Chiquimula	2004	Jocoten	1,21250107	0.233	Baja
114	Baja Verapaz	1507	Rahinal	3,47237864	0.226	Baja
115	Soledad	701	Soledad	1,1700904	0.216	Baja
116	Suchitepéquez	1016	San Juan Bautista	0.17006248	0.194	Baja
117	Huehuetenango	1527	Agucateán	3,51686936	0.175	Baja
118	Huehuetenango	1328	San Rafael Peten	0.21103142	0.168	Baja
119	San Marcos	1213	H. Tambodor	0.38725471	0.139	Baja
120	Huehuetenango	1320	San Sebastián Huehuetenango	0.47548873	0.107	Baja
121	Quezaltenango	924	Génova	0.26760948	0.088	Baja
122	Huehuetenango	1312	La Democracia	0.69066605	0.082	Baja
123	Suchitepéquez	1015	Sanja Barbara	0.42825281	0.077	Muy Baja
124	Sacatepéquez	301	Antigua Guatemala	0.05716984	0.071	Muy Baja
125	Huehuetenango	1331	Santa Ana Huista	0.39111025	0.064	Muy Baja
126	Sacatepéquez	303	Pasoseros	0.0285714	0.062	Muy Baja
127	Huehuetenango	1317	Santa Eulalia	0.69044789	0.056	Muy Baja
128	Soledad	708	Coscoyocán	0.02597678	0.050	Muy Baja
129	Huehuetenango	1301	Huehuetenango	0.32819147	0.049	Muy Baja
130	Sacatepéquez	305	San Domingo Xenapey	0.01164272	0.047	Muy Baja
131	Quezaltenango	901	Quezaltenango	0.08533652	0.026	Muy Baja
132	Zacapa	1508	San Diego	0.02328177	0.022	Muy Baja
133	Guatemala	108	Mixco	0.01671253	0.019	Muy Baja
134	Zacapa	1509	La Unión	0.00935343	0.018	Muy Baja
135	Alta Verapaz	1605	San Cristóbal Verapaz	0.11744989	0.012	Muy Baja
136	Baja Verapaz	1504	Cubulco	0.26899918	0.011	Muy Baja
137	Quiché	1413	Nebaj	0.31681851	0.011	Muy Baja
138	San Marcos	602	Barberena	0.02352735	0.010	Muy Baja
139	Jalapa	2106	Merjés	0.03909058	0.009	Muy Baja
140	Quiché	1411	San Juan Cotzal	0.05160489	0.009	Muy Baja
141	Huehuetenango	1303	Malacanzuc	0.11894008	0.008	Muy Baja
142	Quiché	1401	Santa Cruz del Quiché	0.30822401	0.007	Muy Baja
143	Alta Verapaz	1610	San Juan Chamelco	3.9163055	0.005	Muy Baja
144	Jutiapa	2201	Jutiapa	0.06257247	0.004	Muy Baja
145	Jalapa	2107	Motomucuintla	0.00736552	0.003	Muy Baja
146	Alta Verapaz	1605	Tamalón	0.0056171	0.002	Muy Baja
147	Alta Verapaz	1606	Tucurú	0.00456663	0.001	Muy Baja
148	Huehuetenango	1309	San Isidro de Isahuacán	0.00863548	0.001	Muy Baja
149	Jutiapa	2212	Quezalten	0.00422719	0.001	Muy Baja
150	Suchitepéquez	1024	San Bernardino	0.00124079	0.001	Muy Baja
151	Guatemala	10	Guatemala	0.00445936	0.001	Muy Baja
152	Jalapa	2101	Jalapa	0.00142613	0.001	Muy Baja
153	Baja Verapaz	1508	Purullán	0.00066279	0.001	Muy Baja
154	Chiquimula	2006	Olapa	0.00005744	0.001	Muy Baja



**MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION**

**PROGRAMA DE EMERGENCIA POR DESASTRES NATURALES**

7 av. 12-90, Zona 13 Guatemala, C. A.

Tels: (502) 331-6199 Fax (502) 331-6210 E-mail: [sigmaga@newcomgua.com](mailto:sigmaga@newcomgua.com)

---

**MÉTODO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DEL  
"MAPA DE AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS"**

## 1. INTRODUCCION

El Laboratorio de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –SIG/MAGA–, ha realizado los análisis necesarios para obtener un Mapa de Zonas de la Red Vial Amenazadas por Deslizamientos a escala 1:250,000 y un mapa de municipios priorizados según eventos de deslizamiento.

El mapa de zonas, muestra fundamentalmente dos aspectos relevantes:

- a) Áreas con algún grado de amenaza por deslizamientos, las cuales se encuentran adyacentes a las carreteras, que reflejan las condiciones geológicas y la intensidad del uso de la tierra (categoría de Sobreuso) en dichas zonas.
- b) Áreas especiales, relacionados con la repetencia de eventos, centros poblados y ubicación de deslizamientos cercanos a las fallas geológicas.

En tanto que el mapa de municipios, identifica aquellos que presentan una mayor cantidad de eventos y repetencia de deslizamientos.

El objeto de contar con ambos mapas es poseer herramientas de análisis que permita a las instituciones vinculadas a la prevención y mitigación de daños causados por desastres, focalizar los esfuerzos y coadyuvar en reducir la vulnerabilidad de las zonas amenazadas.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANALISIS

La información utilizada para realizar los análisis fueron los mapas temáticos digitales a escala general 1:250,000, generados en el Laboratorio de Información Geográfica-SIG/MAGA. Debido a la complejidad de la dinámica de los deslizamientos en los distintos sectores del país, se procedió a analizar la información contenida en los mapas mencionados en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 Mapas y las variables utilizadas para el análisis de la amenaza de deslizamientos

Mapa	Variable	Observaciones
Mapa Geológico de Guatemala	Unidades geológicas	Describe unidades con características similares en su naturaleza geológica, la cual puede incidir en los deslizamientos.
Eventos históricos de deslizamientos	Puntos georeferenciados	Eventos registrados en un período de 110 años (1887-1996), que además indican recurrencia de eventos.
Intensidad de uso de la Tierra	Sobreuso	Áreas desprovistas de cobertura o sobreexplotadas según su capacidad, que de acuerdo a la naturaleza de los suelos pueden facilitar los procesos erosivos.
Fallas geológicas	Todos los tipos de fallas: grandes, principales y secundarias.	Relación de proximidad hacia los eventos históricos

Uso de la Tierra	Centros poblados	Utilizado para intersección con registros históricos de deslizamientos, para el análisis de áreas urbanas.
Red vial	Caminos asfaltados y no asfaltados	La mayoría de los eventos están vinculados a éstos tipos de carretera

## 2.1 Factores analizados y método utilizado

El análisis partió de una base de datos de 793 eventos de deslizamientos ocurridos entre los años de 1881 a 1991 recopilados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanismo, Meteorología e Hidrología provenientes de reportes de periódicos.

Esta base fue depurada, digitalizada e ingresada a un sistema de información geográfica, con el cual se realizó una mapa de puntos. Este mapa de puntos permitió observar repitencias de eventos en la misma coordenada, cercanías, correlaciones y otros factores que permitieron el análisis.

Se analizó la correlación entre los puntos y su localización con respecto a carreteras; su relación con el tipo de geología predominante; la relación existente con el uso de la tierra circundante a las carreteras y por último, la relación existente con fallas geológicas. Se describen los procedimientos.

### a). Análisis de distancia de los eventos a la red vial

Del registro histórico total mencionado, 305 eventos caen en centros poblados y para objeto del análisis comprenden una categoría especial que se refleja en el mapa realizado.

Por lo tanto, el análisis de la red vial se realizó con 488 eventos y se estableció su distancia con respecto a las carreteras. Se analizaron radios desde 200 hasta 500 m, siendo ésta última donde se localizaron el mayor porcentaje de eventos; asimismo, en un análisis de correlación realizado, se encontró que en el radio de 500 metros existe una significancia mayor al 92%. Se muestran los resultados en el Cuadro 4.2.

**Cuadro 4.2** Tabla base de presencia de eventos de deslizamiento y distancias al tipo de carreteras de asfalto y terracería

Distancia a carreteras	No. Puntos	%
200	275	56
300	302	62
400	345	70
500	363	74*

\* Coeficiente de Correlación > 92%

Una vez definida el área *buffer*<sup>1</sup> de 500 metros de radio se estableció como una mapa de zonas el cual es posible de ser intersectado con otros mapas del sistema utilizando el software *ArcView*® y su extensión *GeoProcessing Wizard*.

**b). Relaciones de los eventos con las unidades geológicas.**

El mapa de puntos de deslizamientos se intersectó con diferentes mapas temáticos encontrándose correlaciones con el mapa de geología y sus unidades. Con este intersecto, se determinó el número de eventos por unidad geológica, habiéndose calificado esta asociación según "criterio experto", el resultado se muestra en el Cuadro 4.3

**Cuadro 4.3 Definición de categorías según geología y número de eventos**

Símbolo	Tipo de Roca	Periodo	No. Eventos	Categoría
Qp	Rocas Igneas y Metamórficas	Cuaternario	264	Muy Alta
Tv	Rocas Igneas y Metamórficas	Terciario	182	
Qa	Rocas Sedimentarias	Aluviones Cuaternarios	101	Alta
Qv	Rocas Igneas y Metamórficas	Cuaternario	70	
Pzm	Rocas Igneas y Metamórficas	Paleozoico	40	Media
Ksd	Rocas Sedimentarias	Cretácico	35	
KTsb	Rocas Sedimentarias	Cretácico-Doceno	30	
Pc	Rocas Sedimentarias	Pérmico	29	Baja
CPsr	Rocas Sedimentarias	Carbonífero-Pérmico	20	
I	Rocas Igneas y Metamórficas	Terciario	9	Muy Baja
JKts	Rocas Sedimentarias	Jurásico-Cretácico	9	
KTs	Rocas Sedimentarias	Cretácico-Terciario	2	
Tsp	Rocas Sedimentarias	Terciario Superior Oligoceno-Plioceno	2	
			793	

**c). Análisis del buffer a zonas viales, la geología y la intensidad de uso de la tierra**

Una vez calificada cada unidad geológica se analizó su representación en el *buffer* obtenido. Asimismo, se utilizó la categoría de "sobrueuso" para calificar el grado de amenaza de la unidad geológica en el *buffer*, considerando que una unidad geológica con alto número de eventos, podría estar mayormente amenazada si la acción del hombre provoca un uso inadecuado del suelo, tal el caso de las zonas que han sido deforestadas en terrenos con alta pendiente.

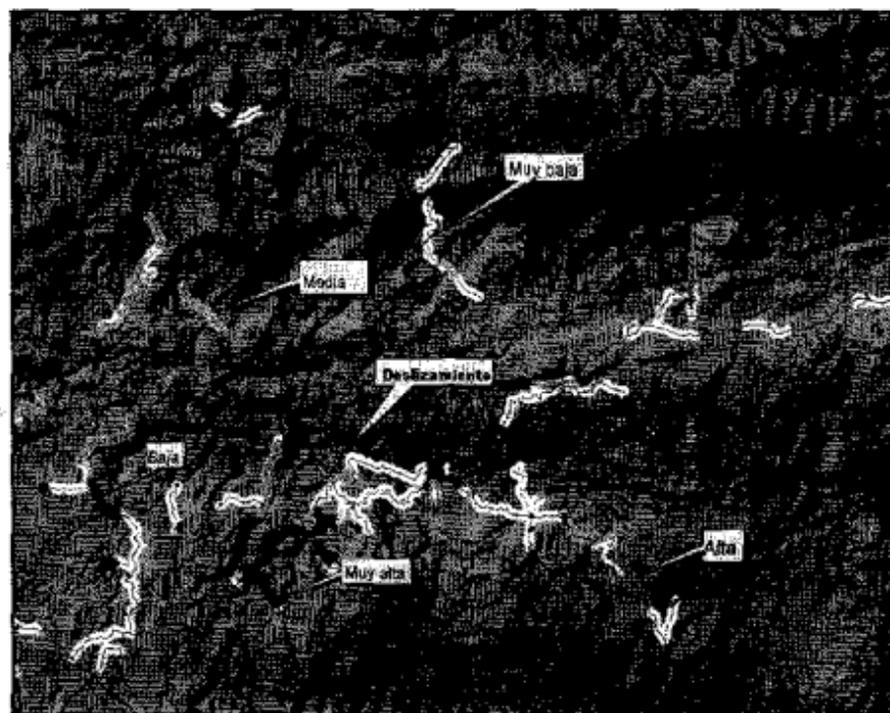
<sup>1</sup> Áreas de influencia amenazadas por deslizamiento a una distancia de 500 metros de las carreteras

### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS MAPAS OBTENIDOS

#### 3.1 Mapa de zonas de la red vial amenazadas por deslizamientos

Como resultado de la intersección geología-buffér carreteras-sobreuso se delimitaron las zonas con mayor o menor grado de amenaza por deslizamientos en la red vial. La Figura 4.1 muestra un acercamiento de dichas zonas, distribuidas en 5 categorías calificadas de Muy Alta a Muy Baja. El mapa se muestra en el Anexo.

Figura 4.1 Zonas de la red vial amenazadas por deslizamiento



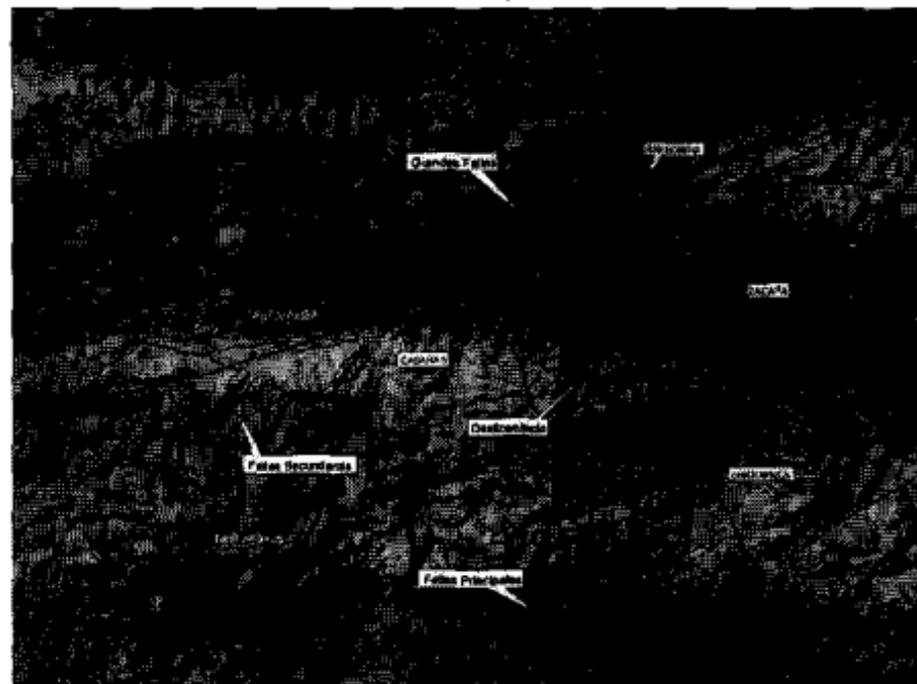
A su vez, en el mapa se incluyen "Áreas Especiales de Amenaza" que son básicamente deslizamientos recurrentes ocurridos en Centros Poblados y eventos aparentemente activados por Fallas Geológicas. Se describen estas áreas.

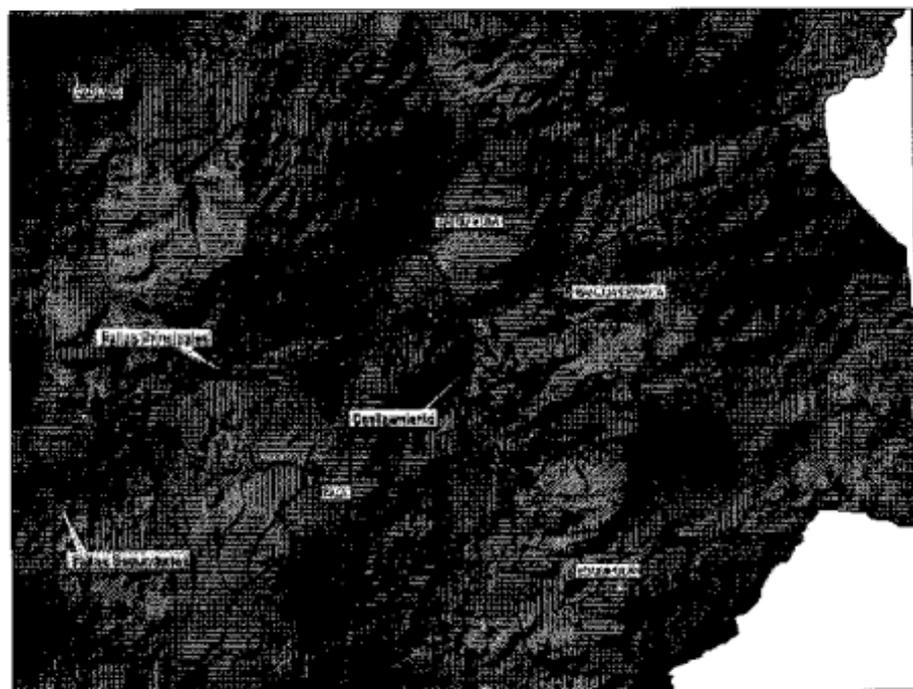
- **Centros Poblados**, comprende los centros urbanos importantes (capital y grandes cabeceras del país) donde existen 305 registros periodísticos de deslizamientos.
- **Proximidad hacia Fallas Geológicas**, mediante pruebas de distancia entre los eventos de deslizamiento y las fallas geológicas (Grandes Fallas, Fallas

Principales y Fallas Secundarias), se estimó que aparentemente y a una distancia igual o menor a 1,500 m, pueden activar eventos de deslizamiento.

Se presentan dos acercamientos en la Figura 4.2 donde se observan dos áreas del país: Valle del Motagua y cercanía a Chiquimula.

Figura 4.2 Relación de fallas con carreteras y eventos de deslizamientos: Valle del Motagua





Como se observa en la Figura 4.2, existen carreteras que van por encima de fallas o en posición paralela aumentando la vulnerabilidad del área.

### 3.2 Mapa de municipios amenazados por deslizamientos

El mapa de municipios con amenaza por deslizamientos se realizó determinando la frecuencia de eventos en cada municipio (excluyendo los ocurridos en centros urbanos) y agrupándolos en intervalos conforme al número de ocurrencia de eventos. El mapa generado se muestra en el Anexo.

## 4. CONCLUSIONES

A la escala cartográfica de análisis (1:250,000), el total de las carreteras asfaltadas alcanza los 4,637 Km. y 9,598 Km. las vías de terracería, para una gran total de 14,235 Km. De este gran total, el 15% ó aproximadamente 2,100 Km. poseen algún grado de amenaza a deslizamientos.

Desagregando el 15% y en función al grado de amenaza, en las asfaltadas agregando de la categoría “media hasta muy alta” encontramos 393 km que representan el 9% de la red, y con el mismo criterio en las de terracería, encontramos 426 km ó el 4%.

Considerando que la red de carreteras es relativamente escasa, este porcentaje incrementa la vulnerabilidad ante eventos catastróficos de aquellas poblaciones que dependen de escasas vías de comunicación.

Asimismo, las correlaciones encontradas entre puntos de deslizamiento y distancias a carreteras, permite inferir que en algunos casos la apertura de carreteras favorece los eventos de deslizamientos, motivados por la ausencia de adecuadas prácticas de ingeniería (taludes, drenajes y otros) así como la influencia de la deforestación en altas pendientes.

Con respecto a las Fallas, es preocupante que carreteras importantes como la CA-9 que conecta con el Atlántico corre paralela a dos Grandes Fallas, así como la única carretera de terracería que conecta el Valle del Polochic. O como la CA-11 que conecta con Honduras a través del departamento de Chiquimula que corre cercana a una Falla Principal y donde se registran repitencias de eventos de deslizamientos.

Con referencia al Mapa de Municipios, destaca que existen 16 de ellos calificados con un grado de amenaza de Alto a Muy Alto lo que puede indica vulnerabilidades sociales y económicas importantes para las poblaciones residentes.

## ***ANEXO***

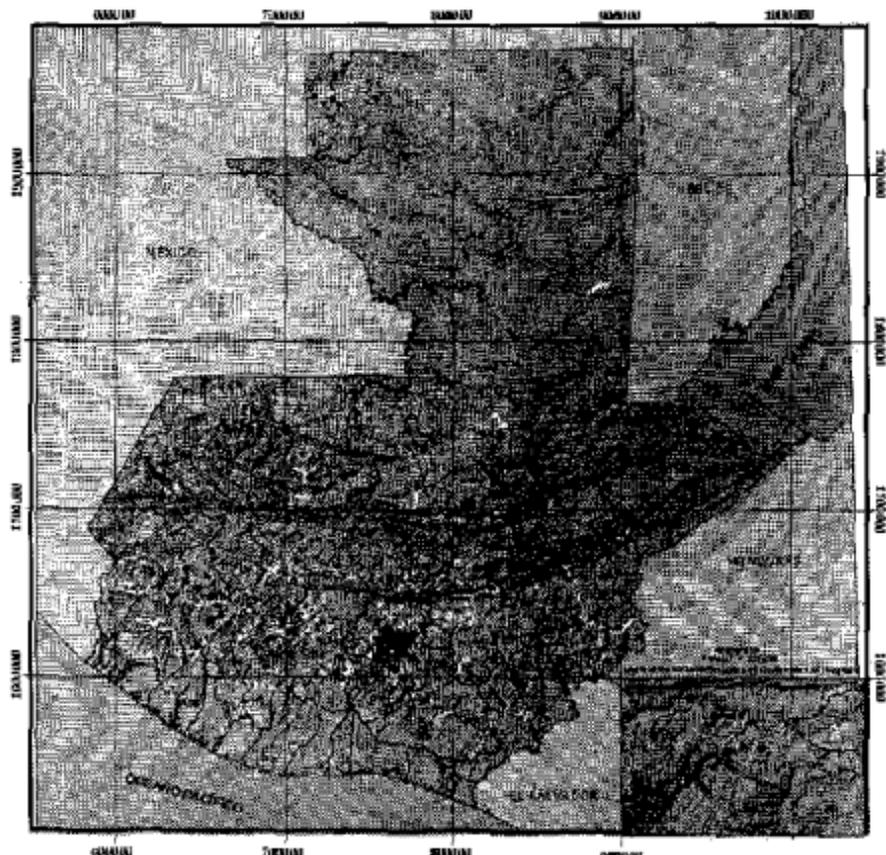
Mapa de Zonas de la Red Vial Amenazadas por Deslizamientos

Mapa de Municipios Amenazados por Deslizamientos

Tabla de Municipios Priorizados según Frecuencia de Eventos de Deslizamientos

# Mapa de Zonas de la Red Vial Amenazadas por Deslizamientos

## República de Guatemala



Zonas de la Red Vial Amenazadas por Deslizamientos  
 (por DGI y Geología y Minería sobre SPC)

Categoría	Superficie (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Alta	276.18	22.41 %
Medio	114.06	9.28 %
Baja	387.02	31.2 %
Baja	448.81	36.11 %
Región	1,226.07	100.00 %

### Áreas Especiales de Amenaza

Áreas con zonas o corredores de deslizamientos

Registros con repetición en las mismas coordenadas

- 1916 (47 - 77)
- 1980 (4 - 9)
- 1980 (2 - 9)
- Registro de deslizamientos de tipo rotacional (Áreas de riesgo de 1980 a 90)

### Simbología

- Registro de deslizamientos rotacional
- ▲ Zonas de riesgo
- ▲ Zonas de riesgo alto
- ▲ Zonas de riesgo medio
- ▲ Zonas de riesgo bajo
- ▲ Corredores de riesgo
- ▲ Corredores de riesgo alto
- ▲ Corredores de riesgo medio
- ▲ Corredores de riesgo bajo

Elaborado por el Departamento de Geología y Minería, SPC, con el apoyo de la DGI y el INIA.

Escala: 1:5 000 000

0 50 100 Kilómetros

Proyección: UTM, Zona 18N, Datum WGS 84  
 Proyección de coordenadas geográficas: Gauss-Krüger, Zona 18N

IGN: Instituto Geográfico Nacional de España  
 Datos de la base de datos: IGN, 1980  
 Datos de la base de datos: IGN, 1980

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)  
 Laboratorio de Información Geográfica  
 Guatemala, Julio del 2002





