



*Estimación de Amenazas Inducidas  
Por Fenómenos Hidrometeorológicos  
en la República de Guatemala*

Elaborado por:

Programa de Emergencia por Desastres Naturales  
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología  
Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda

Con el apoyo de:

Programa Mundial de Alimentos

Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Guatemala



Guatemala, Junio de 2002



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

**Elaborado por:**

**Programa de Emergencia por Desastres Naturales  
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación**

**Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología  
Ministerio de comunicaciones, Infraestructura y Vivienda**

**Con el apoyo de:**

**Programa Mundial de Alimentos**

**Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Guatemala**



**Guatemala, Junio de 2002**



# **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





**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)

---

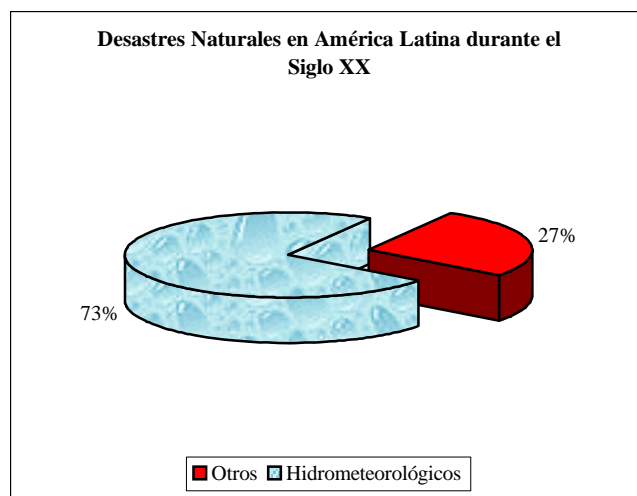


## PRESENTACION

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 hace 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 (Ver Figura 1).



Fuente: OFDA/CRED. 1999. EM-DAT: Disaster Database

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

De hecho, se estima que en el transcurso de los último 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 (ver Tabla I). Guatemala tampoco es la excepción en este escenario de vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos.



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

Años	País	Tipo de Evento	Fallecidos	Pérdidas Estimadas (Millones de US\$)
1982/83	Bolivia, Ecuador Perú	El Niño	0	5,651
1997/98	Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú	El Niño	600	7,694
1998	Centro América	Huracán Mitch	9,214	6,008
1998	República Dominicana	Huracán George	235	2,193
1999	Venezuela	Deslizamientos	25,000	3,267
<b>Totales</b>			<b>35,049</b>	<b>24,813</b>

Fuentes: ECLAC, América Latina y El Caribe: El impacto de los Desastres Naturales en el Desarrollo, 1972 – 1999, LC/MEX/L402; IFDA, Venezuela Floods, Fact Sheet #10, 1/12/2000: OFDA/CRED. 1999. EM-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 (PEDN-SIG-MAGA), quienes han contado con el vital apoyo del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), 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 Lutomirsky  
Secretario Ejecutivo  
CONRED



Guatemala, Junio de 2002



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

**Guatemala, junio de 2002**





## 1. *INTRODUCCION*

El Laboratorio de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –SIG/MAGA-, con la colaboración del Instituto Nacional de Sismología 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 período 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>).

## 2. *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 sequía 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.

---

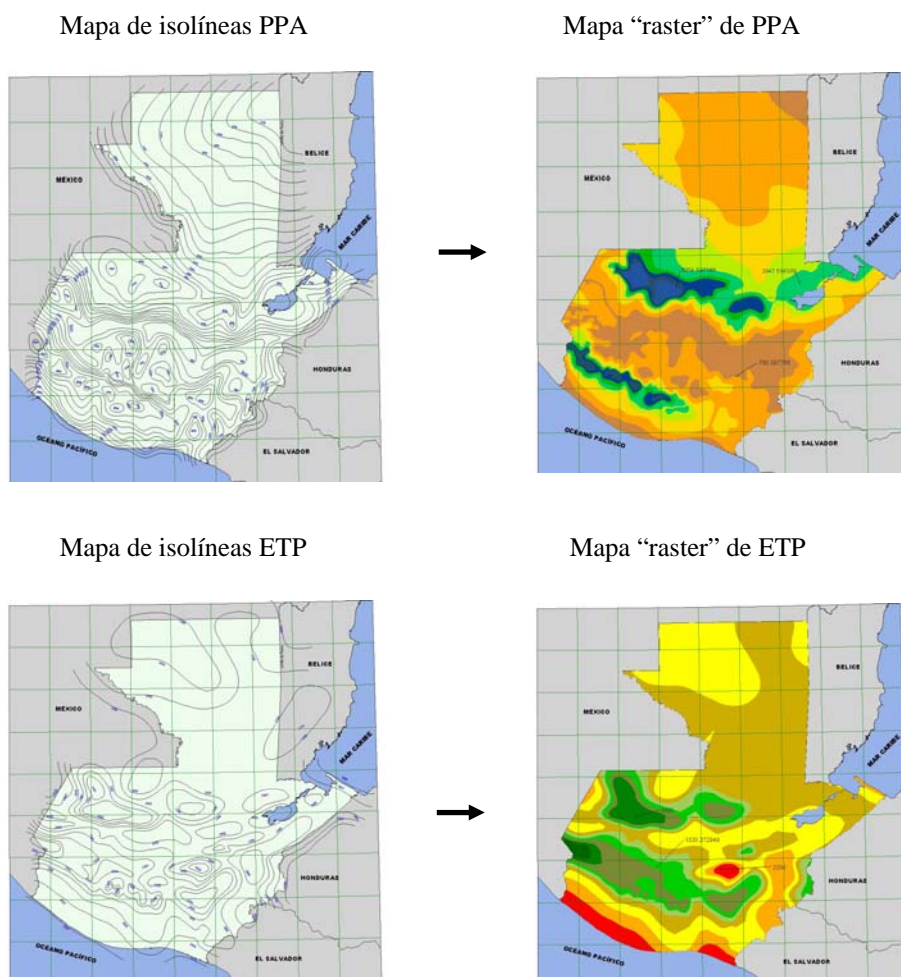
<sup>1</sup> INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN FÍSICA; PROGRAMA MUNDIAL DE ALIMENTOS. 2001. Análisis y Cartografía de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria en Cuba. La Habana, Cuba. 139 p.

<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 isolíneas 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 isolíneas, fueron transformados a formato “raster” (cuadrícula) lo que permitió obtener nuevos mapas con valores de interpolación entre las isolíneas. Proceso que se muestra en la Figura 1.1.

**Fig. 1.1 Transformación de mapas de isolíneas 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.

## 2.2 Cálculo del Índice de Aridez y mapa correspondiente

Se utilizó el índice de Hare y Ogallo (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.

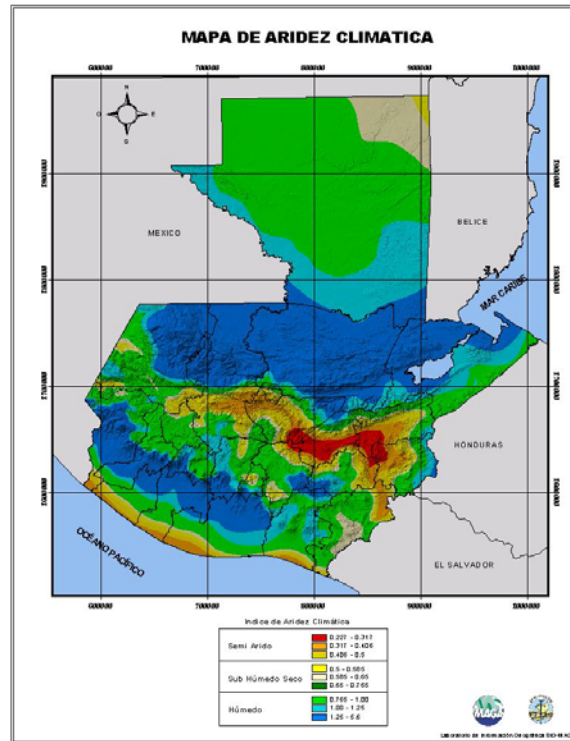
**Cuadro 1.1 Clasificación de regiones climáticas respecto a sequedad**

<b>Leyenda de regiones</b>	<b>Valores del índice</b>
Hiper Arida	< 0.05
Arida	0.05 – 0.20
Semi Arida	0.20 – 0.50
Sub Húmedo Seca	0.50 – 0.65
De Clima Húmedo	> 0.65

La República de Guatemala no posee regiones Hiper-Aridas ni Aridas, ya que la precipitación anual no es inferior a los 400 mm/año<sup>3</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>3</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 Ogallo y Nassibi (1984<sup>4</sup>), mediante la fórmula:

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

En donde:

V<sub>o</sub> = el valor observado de precipitación anual en mm

V<sub>m</sub> = el valor medio de todos los valores observados en la serie de tiempo

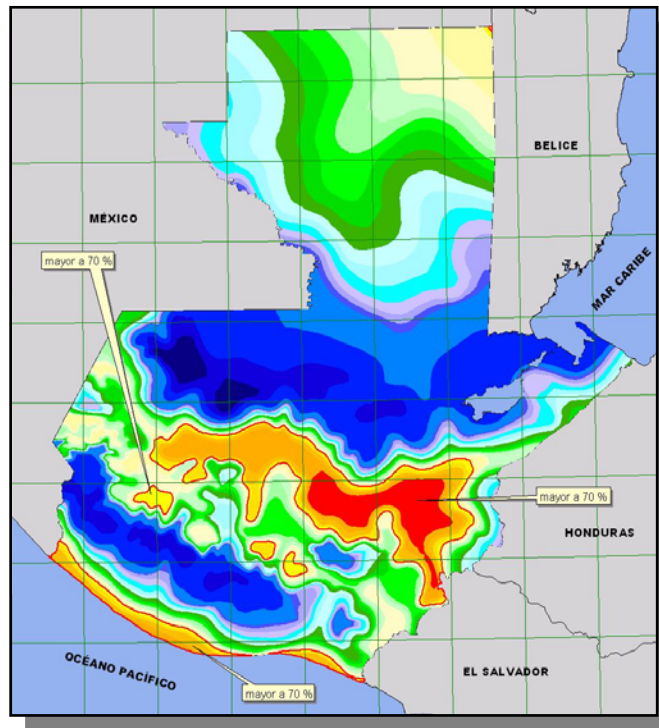
S<sub>d</sub> = la desviación estándar de los valores observados en la serie analizada

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

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

procedimiento algebraico consistió en obtener un promedio. Los valores “Z” del mapa resultante fueron convertidos a probabilidades mediante la opción “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



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

un orden de prioridad. Esto se realizó en los cortes municipales que se muestran en el Anexo.

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

Probab. de sequías (A)	Indice de Aridez (B)	Clasificación de Aridez	Grado de amenaza (A*B)	Area del país (Km <sup>2</sup> )	( %) del país
90 %	0.227 - 0.317	Semi Arido	Extremad.alto	1669.46	1.53%
90%	0.317 - 0.406	Semi Arido	Muy alto	3839.25	3.53%
90%	0.406 - 0.5	Semi Arido	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	618.36	0.57%
90%	0.65 - 0.765	Sub Húmedo Seco	Alto	407.83	0.37%
70 %	0.406 - 0.5	Semi Arido	Alto	9.12	0.01%
70%	0.5 - 0.585	Sub Húmedo Seco	Medio	1583.33	1.45%
70%	0.585 - 0.65	Sub Húmedo Seco	Medio	5445.31	5.00%
70%	0.65 - 0.765	Sub Húmedo Seco	Medio bajo	12161.10	11.17%
70%	0.765 - 1.00	Húmedo	Medio bajo	29999.36	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 %	0.765 - 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	1582.48	1.45%

### 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

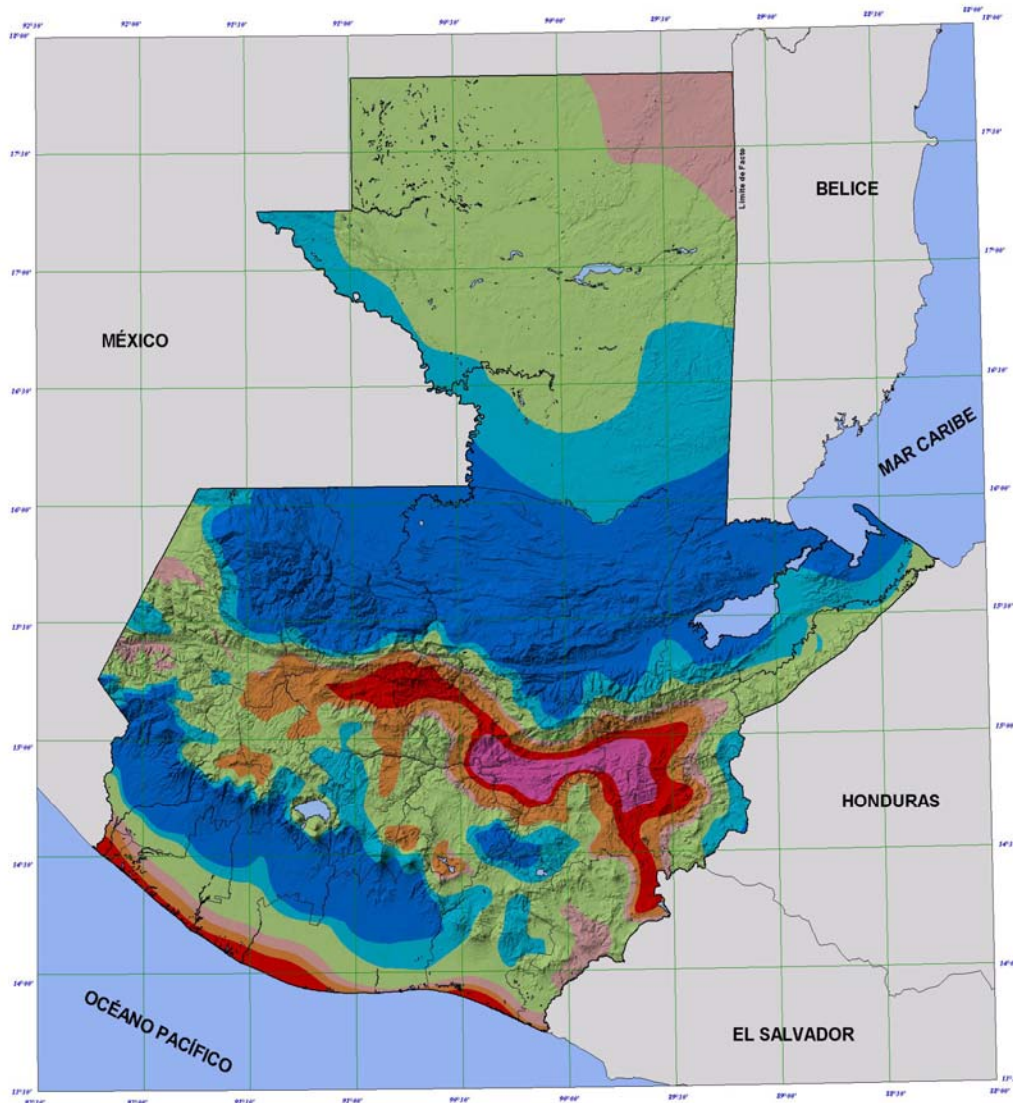


MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION  
PROGRAMA DE EMERGENCIA POR DESASTRES NATURALES

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

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

### MAPA DE AMENAZA POR SEQUIA República de Guatemala



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

Grado de amenaza	Area (Km <sup>2</sup> )	(%)
Extremadamente alto	1669.46	1.53
Muy alto	3839.25	3.53
Alto	6523.75	5.99
Medio	7028.65	6.45
Medio bajo	42160.47	38.72
Bajo	18223.57	16.74
Muy bajo	29443.87	27.04

Preparado por:  
Laboratorio de Información Geográfica-MAGA:  
José Miguel Duro, Rovoham Monzón, Guillermo García,  
Oscar González y Juan Carlos Argueta  
Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología:  
Luis Herrera  
Programa Mundial de Alimentos:  
Ricardo Valladares (GSD Consultores Asociados)

Escala: 1 : 1,000,000  
50 0 50 100 Kilómetros  
Proyección del mapa digital: UTM, zona 15, DATUM NAD 27.  
Proyección del mapa impreso: Coordenadas Geográficas, Esferoide de Clarke 1866.

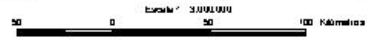
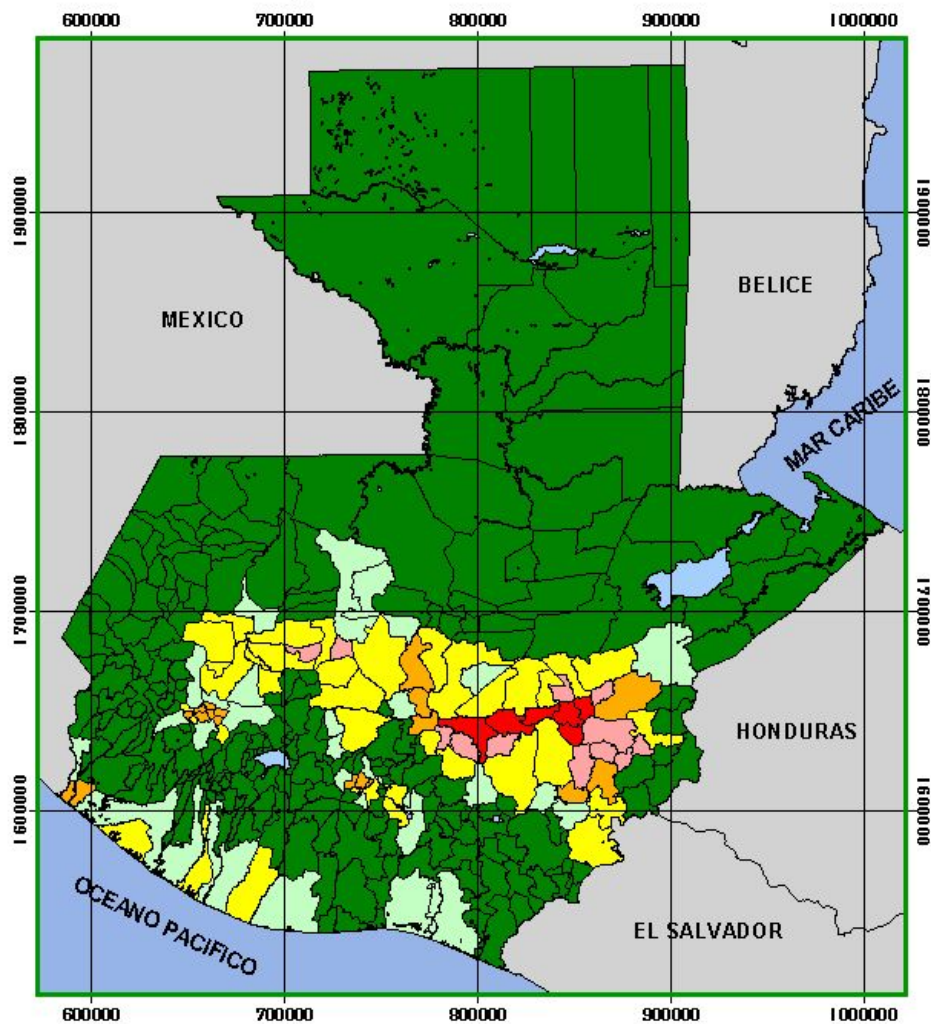
Fuente: Laboratorio SIG-MAGA con base a información de INSIVUMEH, Plamar e Institutos Meteorológicos Fronterizos, periodo 1961-1997.

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





### Municipios Priorizados según Superficie Amenazada por Sequia República de Guatemala



#### LEYENDA

Municipios Priorizados según Superficie Amenazada por Sequia

Categoría	Prioridad
Extremadamente Alta	1
Muy Alta	2
Alta	3
Media	4
Baja	5
Muy Baja	5

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Cuerpos de Agua







**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: sigмага@newcomgua.com

**TABLA DE PRIORIZACION DE MUNICIPIOS SEGÚN SUPERFICIE AMENAZADA POR SEQUIA**

		% de superficie municipal según el grado de amenaza					% de superficie municipal según el grado de amenaza								
No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Superficie Municipal en Km <sup>2</sup>	Extremadamente Alto	Muy Alto	Alto	Orden de Prioridad (*)	No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Superficie Municipal en Km <sup>2</sup>	Extremadamente Alto	Muy Alto	Alto	Orden de Prioridad (*)
1	El Progreso	Sanarate	274.40	87.02%	9.53%	3.45%		60	Quetzaltenango	Cantel	49.74	0.00%	0.00%	48.23%	4
2	Zacapa	Cabañas	138.77	99.91%	0.09%	0.00%		61	Guatemala	Villa Nueva	89.06	0.00%	0.00%	45.11%	4
3	Zacapa	San Diego	103.66	63.87%	36.13%	0.00%		62	Zacapa	Teculután	211.07	10.30%	11.62%	22.16%	4
4	El Progreso	El Jicaro	114.64	92.04%	7.96%	0.00%		63	El Quiché	Joyabaj	472.84	0.00%	0.00%	41.45%	4
5	Zacapa	Huité	89.12	100.00%	0.00%	0.00%		64	Suchitepéquez	San Lorenzo	283.84	0.00%	24.62%	16.80%	4
6	El Progreso	Guastatoya	218.24	76.96%	12.87%	10.01%		65	Escuintla	Nueva Concepción	524.21	0.00%	26.57%	13.13%	4
7	Zacapa	Estanzuela	92.24	27.91%	70.73%	1.37%	2	66	Zacapa	Río Hondo	458.09	0.00%	6.38%	32.48%	4
8	El Quiché	Canilá	102.14	0.00%	99.96%	0.06%	2	67	Chiquimula	Quetzaltepeque	245.17	0.00%	2.36%	35.56%	4
9	Guatemala	San José del Golfo	76.49	36.16%	27.85%	36.00%	2	68	Chiquimula	Jocotán	252.14	0.00%	2.18%	34.81%	4
10	Chiquimula	San Jacinto	70.94	0.00%	75.17%	24.83%	2	69	Chimaltenango	San Martín Jilotepeque	410.12	0.00%	0.00%	33.58%	4
11	El Progreso	Sansare	144.18	51.36%	35.44%	13.20%	2	70	Totonicapán	Momostenango	359.21	0.00%	0.00%	33.22%	4
12	Chiquimula	Chiquimula	353.43	44.03%	43.87%	12.10%	2	71	Guatemala	Palencia	217.73	0.00%	0.00%	33.13%	4
13	Chimaltenango	San Luis Jilotepeque	210.47	27.49%	72.30%	0.21%	2	72	Jalapa	Jalapa	686.37	0.00%	0.23%	32.48%	4
14	Zacapa	Usumatlán	108.37	27.87%	40.82%	31.31%	2	73	El Progreso	San Agustín Acasaguastán	426.59	2.93%	11.52%	17.14%	4
15	Chiquimula	San Juan Ermita	80.72	0.00%	66.12%	33.88%	2	74	Escuintla	La Gomera	786.47	0.00%	15.86%	15.34%	5
16	El Quiché	San Bartolomé Jucotenango	103.44	0.00%	62.22%	37.78%	2	75	Huehuetenango	Agucastán	247.81	0.00%	0.00%	31.12%	5
17	Chiquimula	San José La Arada	115.62	47.89%	52.11%	0.00%	2	76	Jalapa	Monjas	148.36	0.00%	0.00%	27.63%	5
18	El Progreso	San Antonio La Paz	147.51	7.13%	37.77%	55.09%	2	77	Escuintla	Tiquisate	471.61	0.00%	19.07%	8.47%	5
19	Sacatepéquez	San Antonio Aguas Calientes	5.15	0.00%	0.00%	100.03%	3	78	El Quiché	Chicamán	566.67	0.00%	3.86%	23.37%	5
20	Totonicapán	San Andrés Xecul	16.49	0.00%	0.00%	100.01%	3	79	Sacatepéquez	Ciudad Vieja	35.75	0.00%	0.00%	26.80%	5
21	Quetzaltenango	Salcajá	16.88	0.00%	0.00%	100.00%	3	80	Retalhuleu	Retalhuleu	808.17	0.00%	11.88%	14.55%	5
22	Quetzaltenango	Olintepeque	32.18	0.00%	0.00%	100.00%	3	81	Suchitepéquez	Cuyotenango	481.07	0.00%	9.89%	15.13%	5
23	Quetzaltenango	San Francisco la Unión	16.89	0.00%	0.00%	99.99%	3	82	El Quiché	Uspantán	837.29	0.00%	17.08%	7.55%	5
24	Sacatepéquez	Jucotenango	9.96	0.00%	0.00%	99.98%	3	83	Baja Verapaz	San Jerónimo	222.04	0.00%	0.01%	24.13%	5
25	Totonicapán	San Cristóbal Totonicapán	44.26	0.00%	0.00%	99.85%	3	84	Santa Rosa	Chiquimullá	600.97	0.00%	13.20%	10.07%	5
26	Quetzaltenango	San Miguel Sigüilla	17.13	0.00%	0.00%	99.69%	3	85	Quetzaltenango	Quetzaltenango El Alto	126.63	0.00%	0.00%	22.65%	5
27	Jalapa	San Manuel Chaparrón	129.02	0.00%	19.62%	78.21%	3	86	Totonicapán	San Francisco El Alto	72.64	0.00%	0.00%	21.73%	5
28	Chiquimula	Ipalá	230.61	0.00%	30.98%	62.12%	3	87	Baja Verapaz	Granados	154.70	0.00%	0.00%	20.77%	5
29	Baja Verapaz	Rabinal	312.16	0.00%	20.32%	72.74%	3	88	Suchitepéquez	Santo Domingo Suchitepéquez	236.09	0.00%	13.62%	6.27%	5
30	Chimaltenango	Parramos	29.44	0.00%	0.00%	90.94%	3	89	Chimaltenango	San Andrés Iztapa	67.67	0.00%	0.00%	19.54%	5
31	Sacatepéquez	Pastores	39.20	0.00%	0.00%	90.87%	3	90	Guatemala	Petapa	23.80	0.00%	0.00%	17.34%	5
32	Baja Verapaz	El Chol	119.32	8.90%	16.22%	63.78%	3	91	Santa Rosa	Guazacapan	109.63	0.00%	7.02%	9.97%	5
33	Zacapa	Zacapa	506.12	7.61%	51.81%	27.89%	3	92	Chimaltenango	San José Poaquil	96.59	0.00%	0.00%	16.70%	5
34	Guatemala	Chuarancho	117.97	27.84%	17.82%	41.52%	3	93	Totonicapán	Santa María Chiquimula	237.50	0.00%	0.00%	16.22%	5
35	San Marcos	Ocós	151.77	0.00%	49.76%	35.90%	3	94	Guatemala	Villa Canales	280.01	0.00%	0.00%	16.01%	5
36	El Quiché	Sacapulas	368.24	0.00%	15.37%	68.29%	4	95	Sacatepéquez	Sumpango	50.55	0.00%	0.00%	15.27%	5
37	El Progreso	San Cristóbal Acasaguastán	164.87	13.11%	20.90%	44.97%	4	96	Jutiapa	Santa Catarina Mita	202.61	0.00%	2.59%	12.38%	5
38	El Quiché	San Andrés Sajcabaja	169.39	0.00%	45.07%	29.11%	4	97	Quetzaltenango	San Juan Ostuncalco	109.00	0.00%	0.00%	14.69%	5
39	Baja Verapaz	Cubulco	692.05	0.00%	47.40%	26.08%	4	98	Santa Rosa	Taxisco	640.58	0.00%	6.07%	8.28%	5
40	Jutiapa	Agua Blanca	239.27	0.00%	53.64%	19.79%	4	99	Totonicapán	Totonicapán	244.53	0.00%	0.00%	14.08%	5
41	Totonicapán	San Bartolo Aguas Calientes	56.32	0.00%	0.00%	73.24%	4	100	Chimaltenango	Comalapa	85.76	0.00%	0.00%	13.36%	5
42	Jalapa	San Pedro Pinula	531.81	2.74%	18.99%	49.32%	4	101	Zacapa	Gualán	783.58	0.00%	0.00%	11.50%	5
43	Baja Verapaz	San Miguel Chicaj	327.43	0.64%	32.69%	37.64%	4	102	Quetzaltenango	San Carlos Sija	226.54	0.00%	0.00%	11.21%	5
44	Totonicapán	Santa Lucía La Reforma	45.41	0.00%	0.00%	70.04%	4	103	Sacatepéquez	San Bartolomé Millpas Altas	8.36	0.00%	0.00%	11.09%	5
45	El Quiché	San Pedro Jocopilas	294.14	0.00%	0.25%	69.51%	4	104	San Marcos	Ayutla	118.66	0.00%	0.00%	10.79%	5
46	El Quiché	San Antonio Itotenango	138.77	0.00%	0.00%	69.11%	4	105	Jalapa	Mataguecuintla	238.23	0.00%	0.00%	10.77%	5
47	El Quiché	Zaculpa	247.73	0.00%	14.22%	54.65%	4	106	Escuintla	Iztapa	65.23	0.00%	0.00%	9.32%	5
48	Quetzaltenango	La Esperanza	12.25	0.00%	0.00%	65.12%	4	107	Chiquimula	Olopa	112.46	0.00%	0.00%	8.57%	5
49	El Progreso	Morazán	347.85	23.10%	20.95%	17.47%	4	108	Guatemala	San Raymundo	125.00	0.00%	0.00%	8.00%	5
50	Retalhuleu	Champenico	327.93	0.00%	23.79%	37.52%	4	109	Jutiapa	Moyuta	413.24	0.00%	0.00%	5.63%	5
51	Guatemala	San Pedro Ayampuc	106.83	0.00%	9.09%	51.54%	4	110	Escuintla	San José	220.33	0.00%	0.00%	5.60%	5
52	Sacatepéquez	Antigua Guatemala	68.94	0.00%	0.00%	59.50%	4	111	Jutiapa	Pasaco	149.07	0.00%	0.00%	3.99%	5
53	Guatemala	Amatitlán	100.96	0.00%	0.00%	58.41%	4	112	El Quiché	Santa Cruz del Quiche	113.01	0.00%	0.00%	2.06%	5
54	Sacatepéquez	Santa Catarina Barahona	10.55	0.00%	0.00%	58.39%	4	113	Guatemala	Guatemala	215.03	0.00%	0.00%	1.53%	5
55	Jutiapa	Asunción Mita	493.85	0.00%	32.87%	22.11%	4	114	Escuintla	San Vicente Pacaya	150.13	0.00%	0.00%	1.36%	5
56	Baja Verapaz	Salamá	675.90	27.25%	14.66%	12.43%	4	115	Sacatepéquez	Santiago Sacatepéquez	40.48	0.00%	0.00%	0.67%	5
57	Huehuetenango	Huehuetenango	189.53	0.00%	0.00%	54.33%	4	116	Sacatepéquez	San Miguel Duerías	44.78	0.00%	0.00%	0.58%	5
58	Huehuetenango	Malacatancito	411.96	0.00%	0.00%	52.16%	4	117	Quetzaltenango	Coatepeque	418.65	0.00%	0.00%	0.34%	5
59	Quetzaltenango	Cajolá	20.53	0.00%	0.00%	48.78%	4	118	Jutiapa	Atescatempa	85.77	0.00%	0.00%	0.29%	5
								119	Quetzaltenango	Almolonga	12.55	0.00%	0.00%	0.24%	5
								120	Patén	Melchor de Mencos	2112.10	0.00%	0.00%	0.20%	5
								121	Alta Verapaz	San Cristóbal Verapaz	384.69	0.00%	0.00%	0.09%	5
								122	Guatemala	Fraijanes	115.18	0.00%	0.00%	0.03%	5

\* La priorización de los municipios se realizó con base a la mayor superficie ocupada por los tres grados principales de amenaza. No se incluyó los municipios con una superficie menor del 10%.



**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)

---

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

**Guatemala, junio de 2002**



## 1. *INTRODUCCION*

El Laboratorio de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –SIG/MAGA-, con la colaboración del Instituto Nacional de Sismología, 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 por 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>5</sup>).

Del análisis realizado se obtuvieron 2 mapas a escala 1:250,000, el primero de ellos con 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.

## 2. *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>6</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>5</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>6</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.

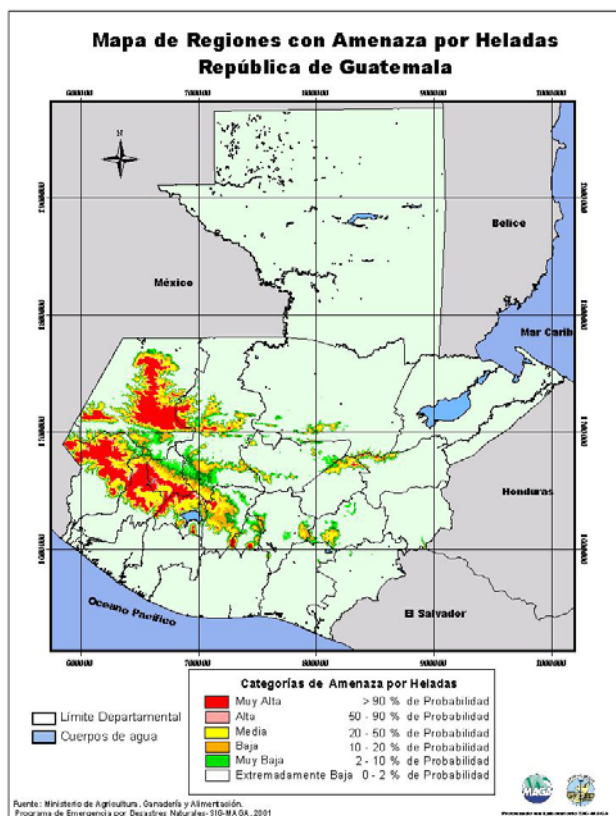
Categoría	P%	Q%	Tr (años)	E (msnm)
Baja	99	1	100	1606
	98	2	50	1717
	95	5	20	1851
Moderada	90	10	10	1972
	80	20	50	2078
	50	50	20	2257
Severa	10	90	1.11	2530
	5	95	1.05	2601
	2	98	1.02	2686
	1	99	1.01	2749

#### 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 intersectar 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 intersección mencionado, se realizó con el software *ArcView®* y su extensión *GeoProcessing Wizard®* (ver Figura 2.2). Una vez realizada la intersección, se

recalaron las superficies ocupadas por cada categoría de amenaza en cada uno los municipios.

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

$$\text{IPAH} = (Q \times \text{SIE}) / \text{AT}$$

Donde:

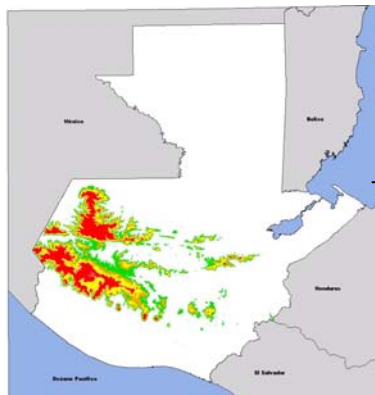
Q = Probabilidad de helada.

SIE = Superficie del intervalo de elevación.

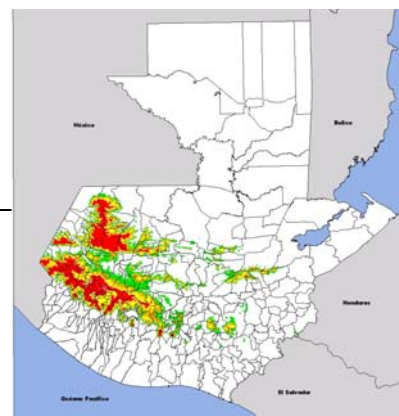
AT = Area total del municipio.

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

**Mapa de Regiones con  
Amenaza por Heladas**



**Mapa de Municipios  
Amenazados por Heladas**



**Mapa de Límites Municipales**



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.



**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

**Cuadro 2.2 Ejemplo del cálculo del Índice Municipal Ponderado de Amenaza por Heladas (caso de San Carlos Sija).**

Departamento	Municipio	Area 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	3.449	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%	20.30	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	325.007	0.01435
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	2686-2749	98.0%	415.99	407.670	0.01800
Quetzaltenango	San Carlos Sija	22,653.85	>=2749	99.0%	7655.19	7578.638	0.33454
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	0.02407
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	1717-1851	2.0%	1.34	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.

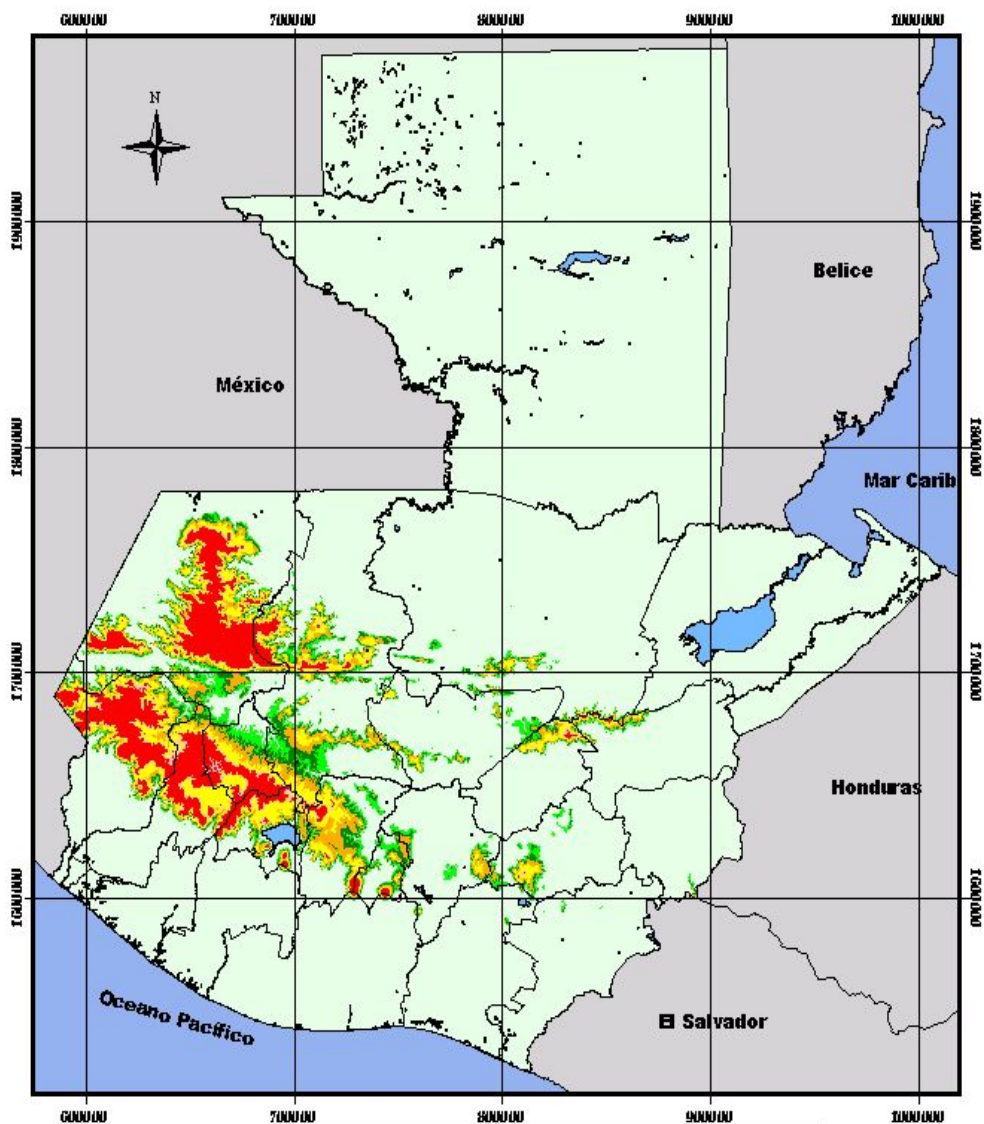
#### **ANEXO**

- 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



□ Límite Departamental  
□ Cuerpos de agua

### 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

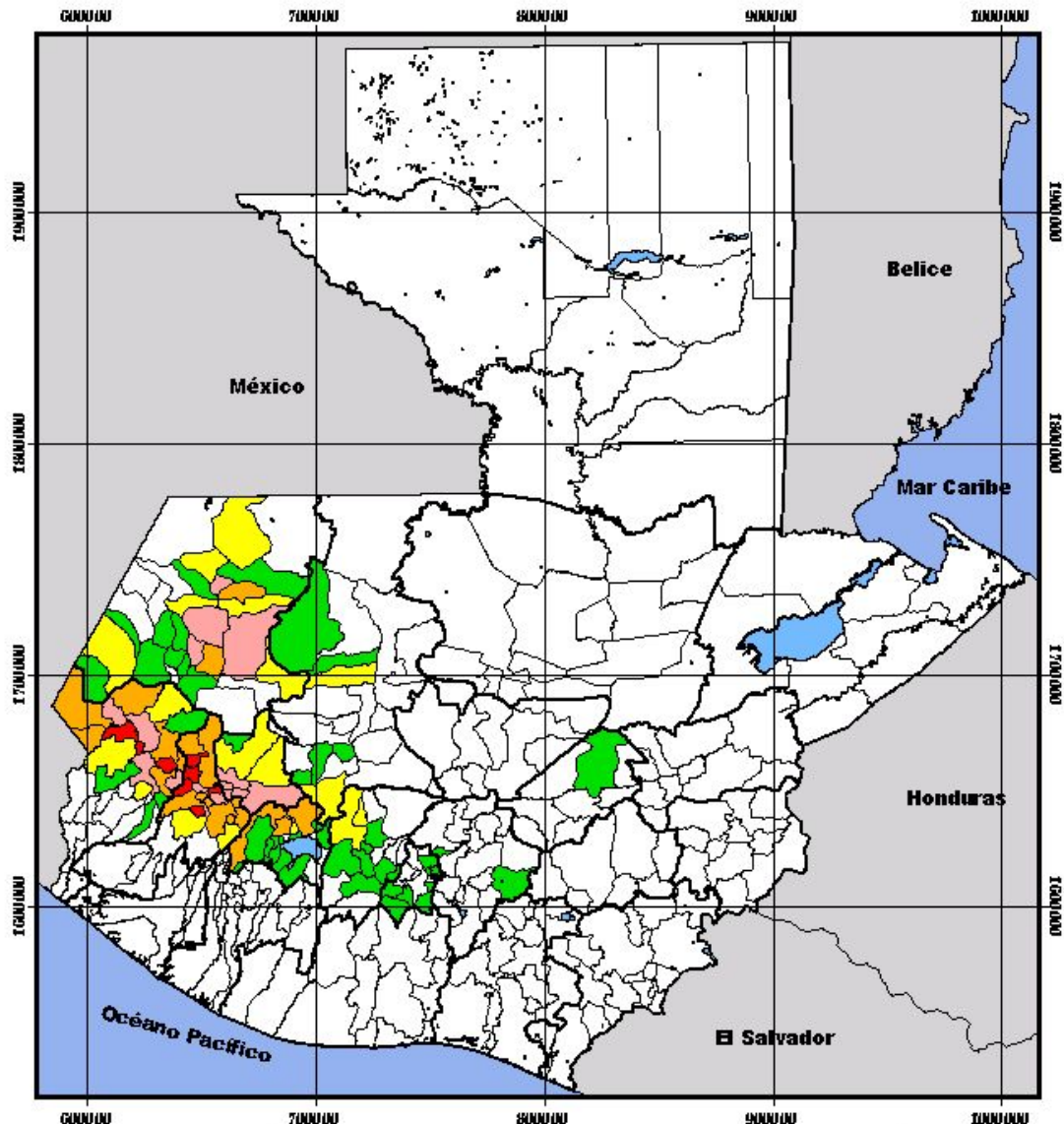
Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.  
Programa de Emergencia por Desastres Naturales- SIG-MAGA, 2001



Procesado en Laboratorio SIG-MAGA



### Mapa de Municipios Amenazados por Heladas República de Guatemala



□ Límite municipal  
□ Límite departamental

Categorías de Amenaza por Municipios (Según Porcentaje de Índice Ponderado de Amenaza por Heladas-IPAH-)	
	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 Emergencia por Desastres Naturales-SIG-MA-GA, 2001





**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

**Tabla de Municipios Amenazados por Heladas.**

								1 de 3
No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	INDICE DE AMENAZA (%)	No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	INDICE DE AMENAZA (%)	
1	Quetzaltenango	San Francisco La	98.64961511	47	Huehuetenango	Aguacatán	42.8156897	
2	Quetzaltenango	Sibilia	98.40028827	48	Quiché	Cunén	42.3108903	
3	Quetzaltenango	Palestina de Los	96.26500318	49	Quetzaltenango	Zunil	40.42810263	
4	Quetzaltenango	Concepción Chiqui	95.40025397	50	Chimaltenango	Tecpán Guatemala	39.88273815	
5	San Marcos	San Lorenzo	93.82053564	51	Quetzaltenango	San Martín Sacate	39.5832858	
6	San Marcos	Ixchiguán	92.01690274	52	Totonicapán	Momostenango	38.61232877	
7	Quetzaltenango	Huitán	90.67312085	53	Huehuetenango	San Sebastián Coa	38.03616753	
8	San Marcos	San José Ojetenam	89.33111408	54	Huehuetenango	San Mateo Ixtatán	38.03273198	
9	Quetzaltenango	Cajolá	88.57462199	55	Huehuetenango	Cuilco	37.25100856	
10	Totonicapán	San Francisco El	87.55039084	56	Huehuetenango	Concepción Huista	37.06684871	
11	Totonicapán	San Andrés Xecul	86.89644425	57	Quiché	Chichicastenango	34.55400368	
12	Quetzaltenango	San Mateo	85.77501594	58	Totonicapán	Santa María Chiqu	34.39404013	
13	Totonicapán	Totonicapán	85.67241216	59	San Marcos	San Miguel Ixtahu	34.34660817	
14	San Marcos	Tejutla	85.54732879	60	San Marcos	Tajumulco	31.7176546	
15	Huehuetenango	Todos Santos Cuch	82.07656012	61	Sacatepéquez	San Bartolomé Mil	27.82722137	
16	San Marcos	San Antonio Sacat	80.35916996	62	San Marcos	Sipacapa	26.68627094	
17	Huehuetenango	San Rafael La Ind	78.1878804	63	Huehuetenango	San Rafael Petzal	26.35551475	
18	Huehuetenango	San Juan Atitán	78.1056569	64	Quiché	Nebaj	26.15906567	
19	Huehuetenango	Chiantla	77.07354757	65	Chimaltenango	Patzún	24.76145088	
20	Totonicapán	San Cristóbal Tot	73.96219799	66	Quiché	Patzite	24.30726765	
21	Quetzaltenango	Olintepeque	71.69100249	67	Chimaltenango	San Andrés Itzapa	23.51800762	
22	San Marcos	San Marcos	71.55866884	68	Huehuetenango	Santiago Chimalte	22.9816995	
23	Quetzaltenango	San Miguel Siguil	69.07834093	69	Sacatepéquez	San Miguel Dueñas	22.80425277	
24	San Marcos	Concepción Tutuap	68.23738547	70	Quiché	Santa Cruz del Qu	22.68145374	
25	Quetzaltenango	Cantel	67.84398774	71	Sololá	Santa Clara La La	22.50129877	
26	Quetzaltenango	Quetzaltenango	67.50545254	72	Sololá	San Andrés Semeta	21.95873344	
27	Quetzaltenango	San Carlos Sija	67.04368529	73	Sololá	Santa Catarina Ix	21.78739446	
28	Huehuetenango	Soloma	65.72353179	74	Sololá	San Pedro La Lagu	21.09606749	
29	San Marcos	Río Blanco	65.41636689	75	Quiché	Chinique	20.18591321	
30	Huehuetenango	San Sebastián Hue	64.94184538	76	Chimaltenango	Comalapa	20.00369658	
31	Quetzaltenango	Cabricán	64.20524718	77	Huehuetenango	Santa Eulalia	19.61497405	
32	San Marcos	Comitancillo	63.72918409	78	Sacatepéquez	Santa María de Je	19.45419851	
33	San Marcos	Sibinal	62.22013458	79	Huehuetenango	Colotenango	18.78199273	
34	Quetzaltenango	Ostuncalco	61.82089506	80	Chimaltenango	Patzicía	18.23611128	
35	Sololá	Nahualá	60.70593741	81	San Marcos	San Cristóbal Cuc	18.23300994	
36	Sololá	Santa Lucía Utatl	60.29947403	82	Sacatepéquez	Magdalena Milpas	17.67630891	
37	San Marcos	San Pedro Sacatep	60.10966845	83	Sacatepéquez	Alotenango	16.32632904	
38	Sololá	Sololá	59.63598059	84	Huehuetenango	San Miguel Acatán	15.91725021	
39	San Marcos	Tacaná	57.23074951	85	Huehuetenango	La Libertad	15.80680634	
40	Quetzaltenango	La Esperanza	54.82668789	86	Chimaltenango	Santa Cruz Balany	15.78178735	
41	Quetzaltenango	Almolonga	53.25353617	87	Totonicapán	San Bartolo	15.51019115	
42	Quetzaltenango	Salcajá	50	88	Quiché	San Juan Cotzal	15.05512427	
43	Huehuetenango	San Juan Ixcay	46.7135785	89	Chimaltenango	Parramos	14.55079847	
44	Sololá	San José Chacayá	46.56093066	90	Sololá	Santa Cruz La Lag	14.40111455	
45	San Marcos	Esquipulas Palo G	46.29869536	91	Sololá	Santiago Atitlán	14.32802889	
46	Chimaltenango	Santa Apolonia	42.99691617	92	Sacatepéquez	Santiago Sacatepé	14.12108974	



**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

**Tabla de Municipios Amenazados por Heladas.**

				2 de 3			
No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	INDICE DE AMENAZA (%)	No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	INDICE DE AMENAZA (%)
93	San Marcos	La Reforma	14.02990582	139	Sacatepéquez	Pastores	4.056782785
94	Huehuetenango	Santa Bárbara	13.96803222	140	Baja Verapaz	Granados	3.959360793
95	Sololá	Concepción	13.10432234	141	Quetzaltenango	El Palmar	3.716309254
96	El Progreso	San Agustín Acasa	13.04819925	142	Alta Verapaz	Tactic	3.587516687
97	Huehuetenango	Ixtahuacán	12.57850481	143	Guatemala	Palencia	3.515867873
98	San Marcos	San Pablo	12.40057988	144	Sacatepéquez	Jocotenango	3.358029402
99	Huehuetenango	San Pedro Necta	11.98715745	145	Baja Verapaz	Cubulco	3.322404251
100	Sololá	San Juan La Lagun	11.89109934	146	Quiché	Joyabaj	3.039615441
101	Sacatepéquez	San Lucas Sacatep	11.59256317	147	Quiché	Chicamán	2.916728784
102	Guatemala	San Pedro Sacatep	11.42397612	148	Sololá	Santa Catarina Pa	2.744404759
103	Sololá	San Pablo La Lagu	11.06677968	149	Alta Verapaz	Panzós	2.731394831
104	Huehuetenango	Tectitán	10.9387237	150	Chimaltenango	San Martín Jilote	2.642054978
105	Sacatepéquez	Ciudad Vieja	10.91559059	151	Guatemala	Santa Catarina Pi	2.465717913
106	Sololá	Santa María Visit	10.64790356	152	Quiché	San Andrés Sajcab	2.353925235
107	Guatemala	San José Pinula	10.5340217	153	Escuintla	Palín	2.137087807
108	Chimaltenango	Acatenango	10.47616321	154	Chimaltenango	Chimaltenango	2.090367311
109	Sacatepéquez	Antigua Guatemala	9.789844435	155	Chimaltenango	El Tejar	2.084231778
110	Chimaltenango	Zaragoza	9.566627441	156	Guatemala	Amatitlán	2.062697598
111	Alta Verapaz	San Juan Chamelco	9.534220093	157	Guatemala	Mixco	2.0273059
112	Sololá	San Marcos La Lag	9.413555115	158	Totonicapán	Santa Lucía La Re	2.026808736
113	Sololá	San Lucas Tolimán	9.308012257	159	Quiché	Sacapulas	1.995644093
114	Jalapa	Mataquescuintla	9.146247151	160	Sololá	Panajachel	1.784098999
115	Zacapa	Teculután	8.855411224	161	Sacatepéquez	San Antonio Aguas	1.686842412
116	Jalapa	San Carlos Alzata	8.838715811	162	Huehuetenango	Jacaltenango	1.627066525
117	Quiché	San Pedro Jocopil	8.762338557	163	Baja Verapaz	Salamá	1.554016693
118	Huehuetenango	Nentón	8.458065289	164	Chimaltenango	Pochuta	1.514019889
119	Quiché	Zaculapa	8.250004541	165	Baja Verapaz	San Jerónimo	1.420280593
120	Quiché	Chiché	7.936055848	166	San Marcos	El Tumbador	1.362880191
121	Quiché	San Antonio Iote	7.787913313	167	Suchitepéquez	Pueblo Nuevo	1.339602057
122	Huehuetenango	Malacatancito	7.725771516	168	Guatemala	San Juan Sacatepé	1.333179293
123	Alta Verapaz	Tamahú	7.605615271	169	Zacapa	Usumatlán	1.286534625
124	El Progreso	San Cristóbal Aca	7.520840233	170	Alta Verapaz	San Cristóbal Ver	1.193394529
125	San Marcos	Nuevo Progreso	7.429179964	171	Escuintla	Siquinalá	1.126547466
126	Huehuetenango	Huehuetenango	7.003240622	172	Suchitepéquez	San Francisco Zap	1.116639773
127	Chimaltenango	Yepocapa	6.909920183	173	Huehuetenango	La Democracia	1.095139882
128	Chimaltenango	San José Poaquil	6.066567965	174	Huehuetenango	San Gaspar Ixchil	1.094888017
129	Sololá	San Antonio Palop	6.062299726	175	Escuintla	Escuintla	1.040530916
130	Sacatepéquez	Santo Domingo Xen	6.007440674	176	Baja Verapaz	El Chol	0.995769214
131	Sacatepéquez	Santa Catarina Ba	5.887422051	177	Guatemala	Fraijanes	0.994714167
132	Quiché	Chajul	5.76770486	178	Quiché	San Bartolomé Joc	0.990132263
133	Sacatepéquez	Sumpango	5.647910868	179	Baja Verapaz	Purulhá	0.984007729
134	Sacatepéquez	Santa Lucía Milpa	5.327501711	180	Santa Rosa	San Rafael Las Fl	0.959725032
135	El Progreso	Morazán	4.945784454	181	Alta Verapaz	Santa Cruz Verapa	0.935683803
136	Zacapa	Río Hondo	4.799929054	182	Suchitepéquez	Santa Bárbara	0.925710955
137	Quiché	Uspantán	4.779638722	183	Guatemala	Villa Nueva	0.911674354
138	Jalapa	Jalapa	4.491346507	184	Alta Verapaz	Senahú	0.895994019



**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

**Tabla de Municipios Amenazados por Heladas.**

Tabla de Municipios Amenazados por Heladas.				3 de 3			
No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	INDICE DE AMENAZA (%)	No.	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	INDICE DE AMENAZA (%)
185	Santa Rosa	Casillas	0.886632374	231	Jalapa	San Luis Jilotepe	0.001348401
186	Huehuetenango	Barillas	0.793331156	232	Santa Rosa	Chiquimulilla	0.001184911
187	Escuintla	San Vicente Pacay	0.705557343	233	Chiquimula	Jocotán	0.000822559
188	Chiquimula	Concepción Las Mi	0.704822226	234	Jutiapa	Pasaco	0.000764928
189	Baja Verapaz	San Miguel Chicaj	0.597657048	235	Santa Rosa	Barberena	0.000331886
190	Alta Verapaz	San Pedro Carchá	0.549596751	236	Chiquimula	San Juan Ermita	0.009043664
191	Baja Verapaz	Rabinal	0.540670551				
192	San Marcos	El Quetzal	0.357843675				
193	Guatemala	Villa Canales	0.299996857				
194	Jutiapa	Jutiapa	0.299167072				
195	Quetzaltenango	Colomba	0.285713591				
196	Alta Verapaz	Tucurú	0.284686599				
197	Jalapa	San Pedro Pinula	0.26242939				
198	Suchitepéquez	Patulul	0.254566167				
199	Huehuetenango	San Antonio Huist	0.234818474				
200	Alta Verapaz	Cobán	0.217974441				
201	Santa Rosa	Santa Rosa de Lim	0.196906723				
202	Chiquimula	Esquipulas	0.180480589				
203	Izabal	El Estor	0.168431287				
204	Santa Rosa	Nueva Santa Rosa	0.131789844				
205	Guatemala	San Raimundo	0.128496769				
206	Quiché	Canillá	0.094893577				
207	Suchitepéquez	Chicacao	0.07867598				
208	Jutiapa	Santa Catarina Mi	0.077806985				
209	Santa Rosa	Pueblo Nuevo Viña	0.076069999				
210	El Progreso	San Antonio La Pa	0.068824366				
211	Chiquimula	Quetzaltepeque	0.062499694				
212	San Marcos	San Rafael Pie de	0.034841764				
213	Jutiapa	Quezada	0.033725742				
214	Santa Rosa	Santa Cruz Naranj	0.027695027				
215	El Progreso	Guastatoya	0.026185584				
216	Chiquimula	Chiquimula	0.022745156				
217	Zacapa	Gualán	0.016150188				
218	Guatemala	Chinautla	0.014829839				
219	Chiquimula	Olopa	0.013098491				
220	Zacapa	La Unión	0.012522545				
221	Santa Rosa	Cuilapa	0.011651163				
222	Guatemala	Guatemala	0.00909118				
223	El Progreso	Sansare	0.00756888				
224	Jutiapa	El Adelanto	0.007067926				
225	Santa Rosa	Taxisco	0.005222477				
226	Santa Rosa	Santa María Ixhua	0.003008371				
227	Chiquimula	Ipala	0.002522454				
228	Jutiapa	Agua Blanca	0.002449923				
229	Zacapa	Zacapa	0.001482442				
230	Jalapa	Monjas	0.001432293				



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

**Guatemala, junio de 2002**



## **1. 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.

## **2. 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 período de tiempo evaluado. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:



**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

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

Donde:

Ae = 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.

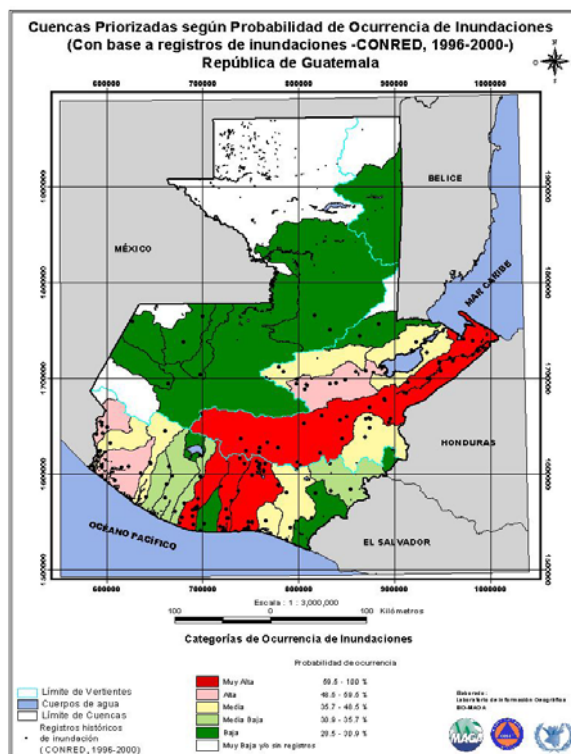
**Cuadro 3.1 Eventos de inundación 1996-2000 y cálculo de probabilidad a inundación según cuenca y año del evento**

Código Cuenca	Nombre	Años					Total	(1) % Años	(2) Tendencia Eventos	(1 x 2) Repeti- bilidad	z_Repet.	Probabilidad Inundación
		1996	1997	1998	1999	2000						
2.2	Motagua	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	Maria Linda	4	2	3	2	13	24	1.00	6.00	6.00000	2.14941	0.98419917
1.12	Achiguate	1		1	7	7	16	0.80	4.47	3.57333	1.04351	0.85164480
2.4	Polochic	4	4		3	2	13	0.80	2.27	1.81333	0.24143	0.59539061
1.2	Suchiate		1		2	7	10	0.60	3.00	1.80000	0.23536	0.59303442
1.4	Ocosito				6	7	13	0.40	3.93	1.57333	0.13206	0.55253146
2.1	Río Grande de Zacapa			1	3	3	7	0.60	2.00	1.20000	-0.03808	0.48481247
1.15	Los Esclavos	1		2	4		7	0.60	1.53	0.92000	-0.16568	0.43420355
1.14	Paso Hondo		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	1.20	0.72000	-0.25683	0.39865600
2.5	Cahabón	1		1	1	1	4	0.80	0.87	0.69333	-0.26898	0.39397248
1.3	Naranjo			1		4	5	0.40	1.53	0.61333	-0.30544	0.38001618
1.5	Samalá				3	2	5	0.40	1.47	0.58667	-0.31759	0.37539760
1.17	Ostúa-Güijja			1	1	1	3	0.60	0.80	0.48000	-0.36620	0.35710720
1.9	Madre Vieja				2	1	3	0.40	0.87	0.34667	-0.42697	0.33470219
1.6	Sis-Icán				1	1	2	0.40	0.60	0.24000	-0.47558	0.31718803
1.7	Nahualate				1	1	2	0.40	0.60	0.24000	-0.47558	0.31718803
1.11	Acomé		1			1	2	0.40	0.47	0.18667	-0.49988	0.30857906
2.6	Sarstún		1			1	2	0.40	0.47	0.18667	-0.49988	0.30857906
3.8	La Pasión		1	1			2	0.40	0.33	0.13333	-0.52419	0.30007405
3.5	Ixcán			2			2	0.20	0.40	0.08000	-0.54849	0.29167671
1.18	Olopa					1	1	0.20	0.33	0.06667	-0.55457	0.28959461
1.8	Atitlán					1	1	0.20	0.33	0.06667	-0.55457	0.28959461
2.7	Mopán Belice					1	1	0.20	0.33	0.06667	-0.55457	0.28959461
3.3	Nentón					1	1	0.20	0.33	0.06667	-0.55457	0.28959461
3.2	Selegua				1		1	0.20	0.27	0.05333	-0.56065	0.28751952
3.6	Xaclbal				1		1	0.20	0.27	0.05333	-0.56065	0.28751952
1.16	Paz			1			1	0.20	0.20	0.04000	-0.56672	0.28545149
3.7	Salinas			1			1	0.20	0.20	0.04000	-0.56672	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>7</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.

<sup>7</sup> GUATEMALA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN. PROGRAMA DE EMERGENCIA POR DESASTRES NATURALES. Proyecto de Asistencia Técnica y Generación de Información -ESPREDE-CATIE-. 2001 Base Espacial Digital de la República de Guatemala, Escala 1:250,000.



**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.

Los datos del análisis realizado fueron utilizados para operar la fórmula del índice, siendo ésta la siguiente:

$$IMPAI = ((Pic \times Ami)/Atm)$$

Donde:

**Pic** = Probabilidad de Inundación de la fracción de la cuenca intersectada con el municipio

**Ami** = Area inundable del municipio (resultado del intersección con el mapa de la Figura 2), incluida en la fracción de la cuenca definida anteriormente.

**Atm** = Area total del municipio

En 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) Area Total del Municipio en km <sup>2</sup> (Atm)	Nombre de la cuenca	(2) Probabilidad de Inundación de la cuenca (Pic)	(3) Area 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 Acomé	0.308	22.58	6.96	0.03777
Escuintla	Siquinalá	184.5	Río Achiguate	0.852	33.05	28.14	0.15254
Escuintla	Siquinalá	184.5	Río Coyolate	0.991	10.57	10.47	0.05678
<b>Total del IMPAI (ponderado respecto a la superficie del municipio)</b>							<b>0.24709</b>
<b>Total del IMPAI expresado en Porcentaje</b>							<b>24.709 %</b>

**b) Calificación de las categorías del IMPAI**

Los resultados del índice asignado a cada municipio, fueron clasificados en Arc-View a través del método “Quantiles”<sup>8</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.

<sup>8</sup> El Método de Quantiles clasifica cada clase escogida con la misma cantidad de datos.



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

<b>Categoría</b>	<b>Clase del Índice Ponderado (%)</b>
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

### 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.

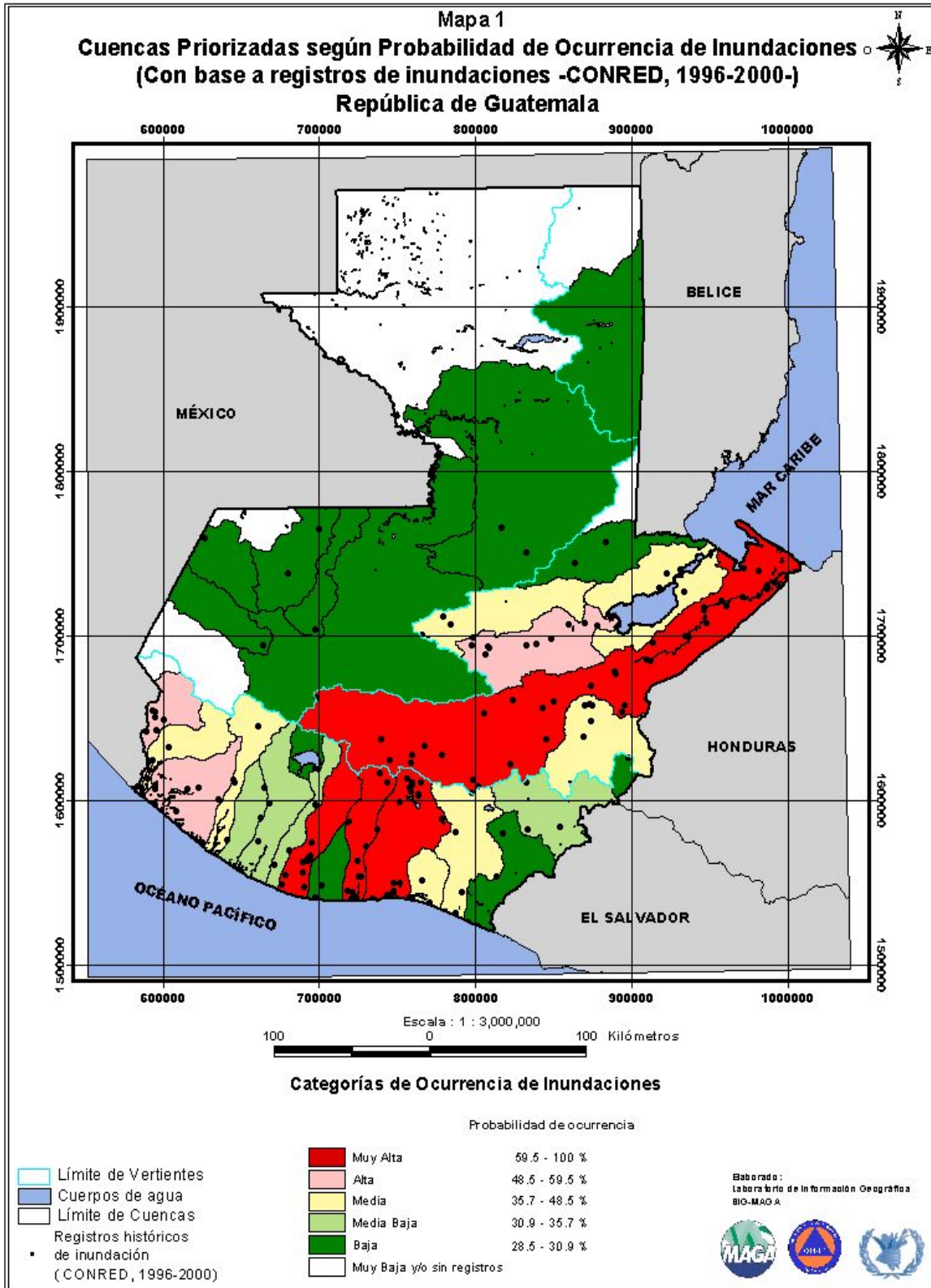
Las zonas inundadas e inundables del país, suman un total de 4,470.41 km<sup>2</sup> de superficie, equivalentes al 4.1% del total del país.

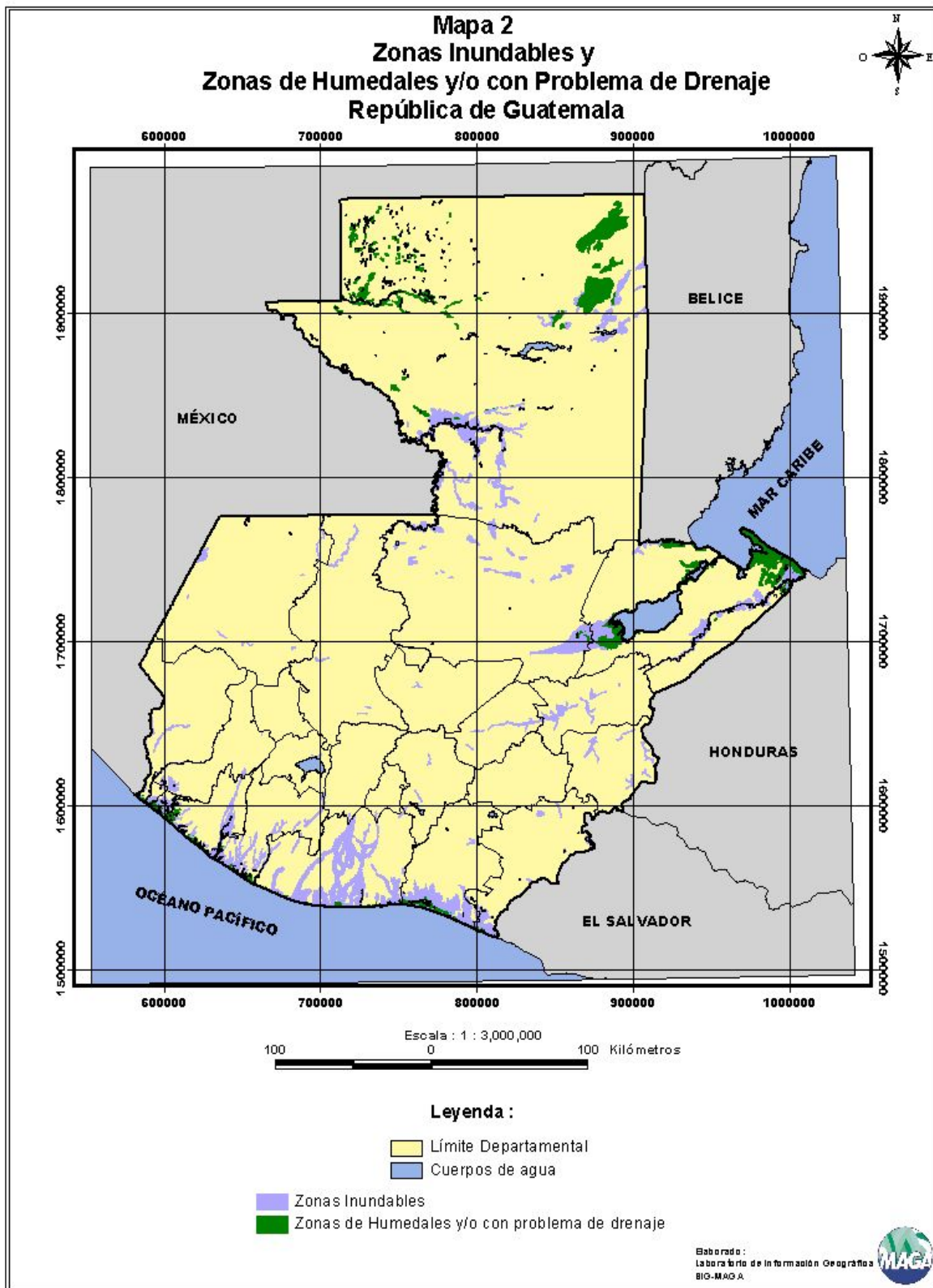
Un total de 31 municipios, se categorizan con una “Muy Alta” amenaza de inundación, ocupando una superficie de 2,326.1 km<sup>2</sup> que es equivalente al 2.13% de la superficie total del país. El detalle de la amenaza por inundación en los municipios, se presenta en el Cuadro 1.A del Anexo.

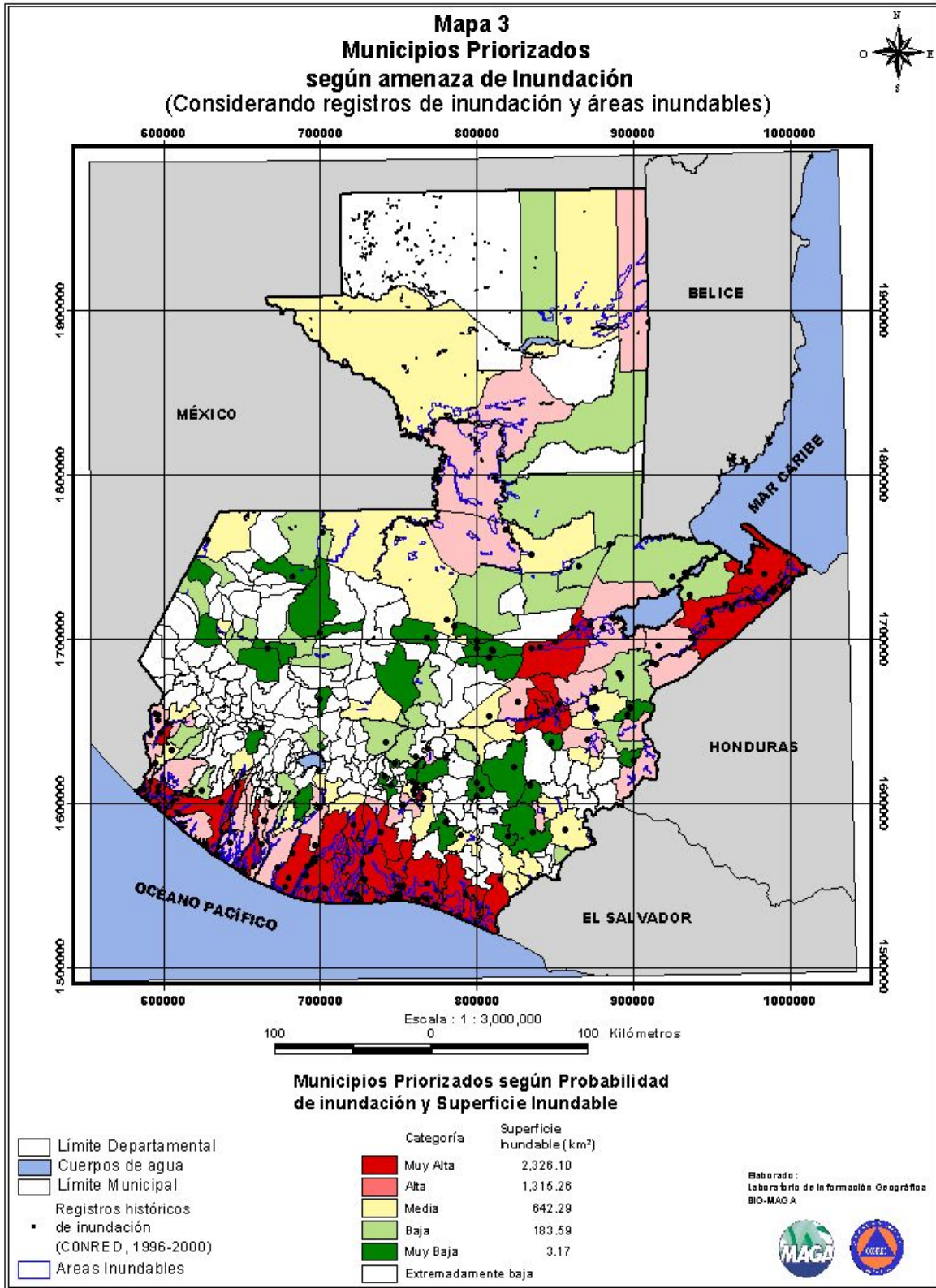
### **ANEXO**

Mapa Final: Municipios Priorizados según Amenaza de Inundación.

Cuadro 1.A: Calificación municipal de la amenaza por inundación.









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

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

No.	Departamento	Código municipal	Municipio	Area Inundable (km <sup>2</sup> )	Indice ponderado de amenaza por Inundación (%)	Categoría
1	Escuintla	510	Iztapa	44.10968207	66.553	Muy Alta
2	Escuintla	509	San José	89.89691284	35.961	Muy Alta
3	Escuintla	503	La Democracia	147.6443254	33.582	Muy Alta
4	Escuintla	504	Siquinalá	66.20065912	24.709	Muy Alta
5	Escuintla	507	La Gomera	320.0888071	19.979	Muy Alta
6	Retalhuleu	1103	Santa Cruz Muluá	52.13831154	15.267	Muy Alta
7	Escuintla	505	Masagua	76.84699036	15.144	Muy Alta
8	Santa Rosa	608	Chiquimulilla	191.3384012	13.182	Muy Alta
9	Izabal	1804	Morales	170.6581728	12.826	Muy Alta
10	El Progreso	205	El Jícara	14.52872198	12.672	Muy Alta
11	Santa Rosa	609	Taxisco	154.2022158	12.348	Muy Alta
12	Alta Verapaz	1607	Panzós	228.4860557	12.256	Muy Alta
13	Zacapa	1906	Usumatlán	13.09145157	12.079	Muy Alta
14	Escuintla	502	Santa Lucía Cotzumalguapa	97.85255129	12.006	Muy Alta
15	Zacapa	1910	Huité	10.20824749	11.453	Muy Alta
16	Zacapa	1905	Teculután	21.51307994	10.191	Muy Alta
17	Izabal	1801	Puerto Barrios	118.2559989	9.833	Muy Alta
18	Sololá	710	Panajachel	2.57970507	9.665	Muy Alta
19	Escuintla	508	Guanagazapa	20.85950534	9.019	Muy Alta
20	San Marcos	1218	Ocós	25.6922277	8.424	Muy Alta
21	Zacapa	1907	Cabañas	11.49693018	8.284	Muy Alta
22	Santa Rosa	611	Guazacapán	22.05111324	8.160	Muy Alta
23	Escuintla	501	Escuintla	51.79915464	8.069	Muy Alta
24	San Marcos	1216	Catarina	10.51734491	7.661	Muy Alta
25	Retalhuleu	1101	Retalhuleu	130.3889999	7.580	Muy Alta
26	Guatemala	117	Petapa	1.8046052	7.463	Muy Alta
27	Escuintla	513	Nueva Concepción	53.36820548	7.110	Muy Alta
28	Jutiapa	2215	Pasaco	32.50761271	6.922	Muy Alta
29	El Progreso	204	San Cristóbal Acasaguastlán	9.87239732	5.987	Muy Alta
30	Jutiapa	2214	Moyuta	84.13571312	5.812	Muy Alta
31	Suchitepéquez	1007	San Lorenzo	51.96719245	5.807	Muy Alta
32	Retalhuleu	1102	San Sebastián.	2.69417067	5.711	Alta
33	Quetzaltenango	920	Coatepeque	44.15688087	5.548	Alta
34	Suchitepéquez	1002	Cuyotenango	76.25093772	5.327	Alta
35	Petén	1710	Sayaxché	393.5649723	4.827	Alta
36	Retalhuleu	1107	Champerico	28.30193905	4.769	Alta
37	San Marcos	1215	Malacatán	16.71804371	4.666	Alta
38	Izabal	1803	El Estor	127.5834999	4.634	Alta





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

No.	Departamento	Código municipal	Municipio	Area Inundable (km <sup>2</sup> )	Indice ponderado de amenaza por Inundación (%)	Categoría
39	Zacapa	1903	Río Hondo	20.91245223	4.565	Alta
40	San Marcos	1217	Ayutla	9.00043794	4.451	Alta
41	San Marcos	1214	El Rodeo	3.168392	3.634	Alta
42	Guatemala	106	Chinautla	2.34162447	3.492	Alta
43	Jutiapa	2202	El Progreso	9.48000416	3.397	Alta
44	Chiquimula	2001	Chiquimula	23.94669307	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	Izabal	1805	Los Amates	29.08552805	2.780	Alta
48	Suchitepéquez	1014	Patulul	28.06059896	2.729	Alta
49	Guatemala	114	Amatitlán	2.74319579	2.674	Alta
50	Escuintla	506	Tiquisate	38.16694036	2.637	Alta
51	Sacatepéquez	314	Alotenango	2.56776298	2.426	Alta
52	Suchitepéquez	1006	Santo Domingo Suchitepéquez	17.86696312	2.400	Alta
53	Retalhuleu	1105	San Felipe Retalhuleu	2.28050006	2.338	Alta
54	Petén	1706	San Francisco	141.7031886	2.230	Alta
55	San Marcos	1211	San Rafael Pie de la Cuesta	1.52648387	2.003	Alta
56	Chiquimula	2007	Esquipulas	23.43307912	1.890	Alta
57	Chiquimula	2005	Camotán	8.89797371	1.869	Alta
58	Zacapa	1902	Estanzuela	2.51045031	1.868	Alta
59	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 Idolo	7.25345447	1.670	Alta
62	El Progreso	203	San Agustín Acasaguastlán	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	Yepocaca	3.05562653	1.474	Media
67	Sololá	713	San Lucas Tolimán	3.17650743	1.443	Media
68	Jutiapa	2203	Santa Catarina Mita	8.15688783	1.438	Media
69	Quiché	1420	Playa Grande -Ixcán	79.4125025	1.433	Media
70	San Marcos	1222	Pajapita	4.87536649	1.413	Media
71	Guatemala	116	Villa Canales	3.67605061	1.292	Media
72	El Progreso	201	Guastatoya	2.64873382	1.214	Media
73	Quetzaltenango	919	El Palmar	5.49687029	1.173	Media
74	Huehuetenango	1305	Nentón	29.65959959	1.131	Media
75	Jutiapa	2205	Asunción Mita	14.64425696	1.059	Media
76	Petén	1701	Flores	140.5992592	1.051	Media
77	Chimaltenango	408	Pochuta	3.79892677	0.982	Media
78	Huehuetenango	1319	Colotenango	2.01286285	0.914	Media



**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

No.	Departamento	Código municipal	Municipio	Area Inundable (km <sup>2</sup> )	Indice ponderado de amenaza por Inundación (%)	Categoría
79	Jutiapa	2211	Comapa	5.3131712	0.871	Media
80	Jutiapa	2213	Conguaco	4.03858238	0.870	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	64.46403977	0.813	Media
84	El Progreso	207	Sanarate	2.18943982	0.798	Media
85	Jutiapa	2212	Jalpatagua	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	Joyabaj	3.32223747	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	Gualán	4.71156997	0.601	Baja
95	Alta Verapaz	1614	Chahal	8.58757743	0.575	Baja
96	Jutiapa	2207	Atescatempa	1.36512704	0.568	Baja
97	Retalhuleu	1104	San Martín Zapotitlán.	0.13614264	0.544	Baja
98	Izabal	1802	Livingstón	26.30945137	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	Granados	0.62191583	0.402	Baja
102	San Marcos	1212	Nuevo Progreso	1.48152744	0.401	Baja
103	Quiché	1416	Sacapulas	4.95221903	0.384	Baja
104	Huehuetenango	1326	Barillas	11.05976504	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 Luis	35.11204361	0.340	Baja
108	Guatemala	110	San Juan Sacatépequez	0.92034222	0.337	Baja
109	Alta Verapaz	1612	Cahabón	8.36858094	0.337	Baja
110	Chimaltenango	403	San Martín Jilotepeque	1.32276768	0.322	Baja
111	Alta Verapaz	1609	San Pedro Carchá	13.05771667	0.298	Baja
112	Petén	1702	San José	18.72445389	0.259	Baja
113	Chiquimula	2004	Jocotán	1.21250107	0.233	Baja
114	Baja Verapaz	1503	Rabinal	2.47237664	0.226	Baja
115	Sololá	701	Sololá	1.1300904	0.216	Baja
116	Suchitepéquez	1016	San Juan Bautista	0.17006248	0.194	Baja
117	Huehuetenango	1327	Aguacatán	1.51686936	0.175	Baja
118	Huehuetenango	1328	San Rafael Pétzal	0.21103142	0.168	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

No.	Departamento	Código municipal	Municipio	Area Inundable (km <sup>2</sup> )	Indice ponderado de amenaza por Inundación (%)	Categoría
119	San Marcos	1213	El Tumbador	0.38723471	0.139	Baja
120	Huehuetenango	1320	San Sebastián Huehuetenango	0.47548873	0.107	Baja
121	Quetzaltenango	921	Génova	0.26760948	0.088	Baja
122	Huehuetenango	1312	La Democracia	0.69056605	0.082	Baja
123	Suchitepéquez	1015	Santa Barbara	0.42825281	0.077	Muy Baja
124	Sacatepéquez	301	Antigua Guatemala	0.05716984	0.071	Muy Baja
125	Huehuetenango	1331	Santa Ana Huista	0.39111075	0.064	Muy Baja
126	Sacatepéquez	303	Pastores	0.0285714	0.062	Muy Baja
127	Huehuetenango	1317	Santa Eulalia	0.69014789	0.056	Muy Baja
128	Sololá	708	Concepción	0.02597678	0.050	Muy Baja
129	Huehuetenango	1301	Huehuetenango	0.32819147	0.049	Muy Baja
130	Sacatepéquez	305	Sto. Domingo Xenacoj	0.01164272	0.047	Muy Baja
131	Quetzaltenango	901	Quetzaltenango	0.08633652	0.026	Muy Baja
132	Zacapa	1908	San Diego	0.02328177	0.022	Muy Baja
133	Guatemala	108	Mixco	0.01671253	0.019	Muy Baja
134	Zacapa	1909	La Unión	0.03935343	0.018	Muy Baja
135	Alta Verapaz	1603	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	Santa Rosa	602	Barberena	0.02332735	0.010	Muy Baja
139	Jalapa	2106	Monjas	0.03909058	0.009	Muy Baja
140	Quiché	1411	San Juan Cotzal	0.05160489	0.009	Muy Baja
141	Huehuetenango	1303	Malacatancito	0.11389408	0.008	Muy Baja
142	Quiché	1401	Santa Cruz del Quiche	0.00822401	0.007	Muy Baja
143	Alta Verapaz	1610	San Juan Chamelco	0.0163095	0.005	Muy Baja
144	Jutiapa	2201	Jutiapa	0.06252247	0.004	Muy Baja
145	Jalapa	2107	Mataquescuintla	0.00736552	0.003	Muy Baja
146	Alta Verapaz	1605	Tamahú	0.0026171	0.002	Muy Baja
147	Alta Verapaz	1606	Tucurú	0.00456663	0.001	Muy Baja
148	Huehuetenango	1309	San Idelfonso Ixtahuacán	0.00863548	0.001	Muy Baja
149	Jutiapa	2217	Quesada	0.00422719	0.001	Muy Baja
150	Suchitepéquez	1004	San Bernardino	0.00024979	0.001	Muy Baja
151	Guatemala	101	Guatemala	0.00045956	0.001	Muy Baja
152	Jalapa	2101	Jalapa	0.00142413	0.001	Muy Baja
153	Baja Verapaz	1508	Purulhá	0.00066279	0.001	Muy Baja
154	Chiquimula	2006	Olopa	0.00006744	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**

**Guatemala, junio del 2002**



## 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 repitencia 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 repitencia 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,	Relación de proximidad hacia los eventos históricos



	principales y secundarias.	
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>9</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	Período	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-Eoceno	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 “sobreuso” 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.

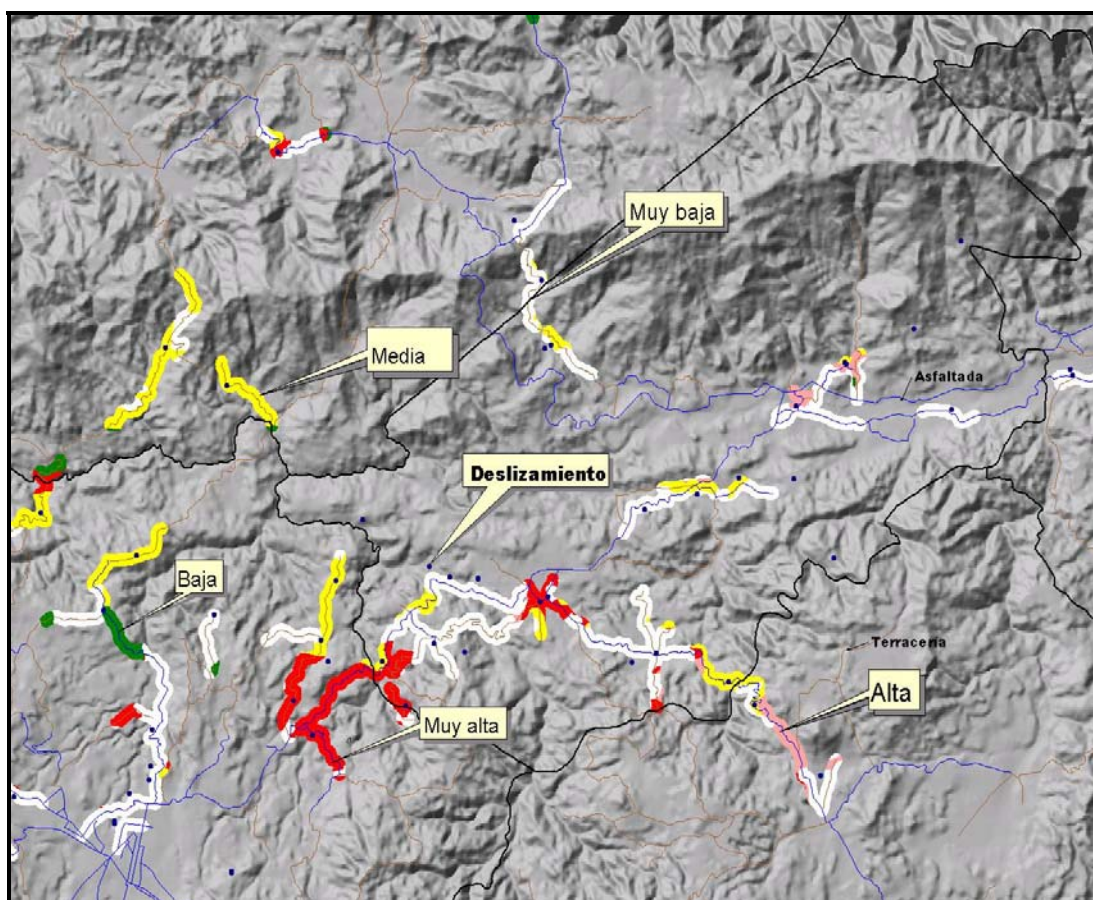
<sup>9</sup> Áreas de influencia amenazadas por deslizamiento a una distancia de 500 metros de las carreteras

### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS MAPAS OBTENIDOS

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

Como resultado de la intersección geología-buffer 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**

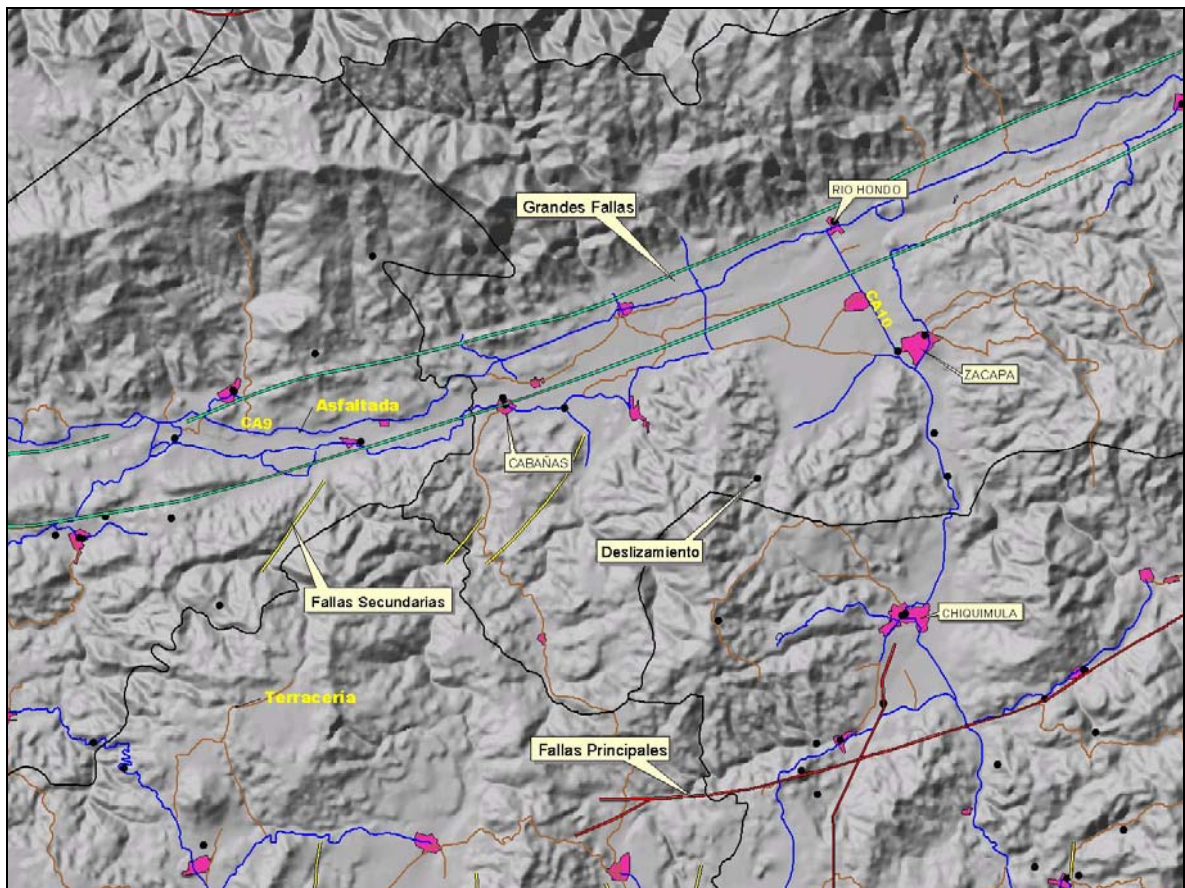
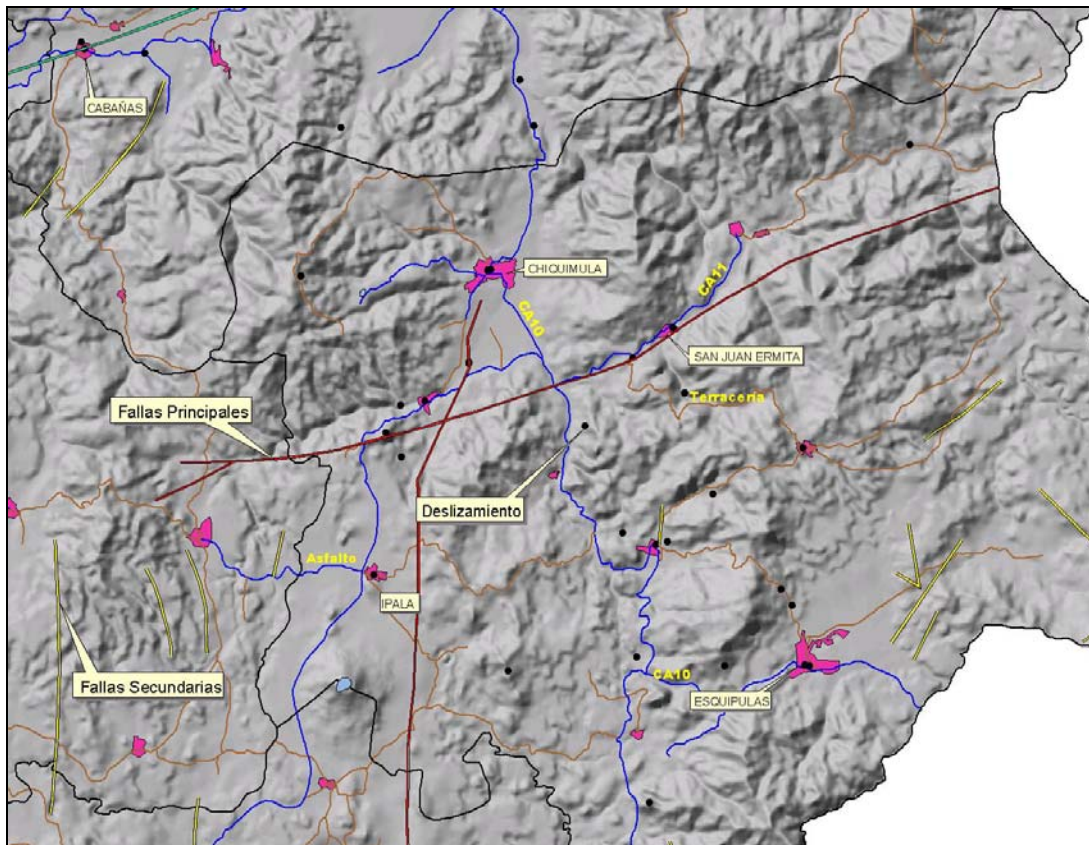


Figura 4.2 Cercanía a la ciudad de Chiquimula



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***

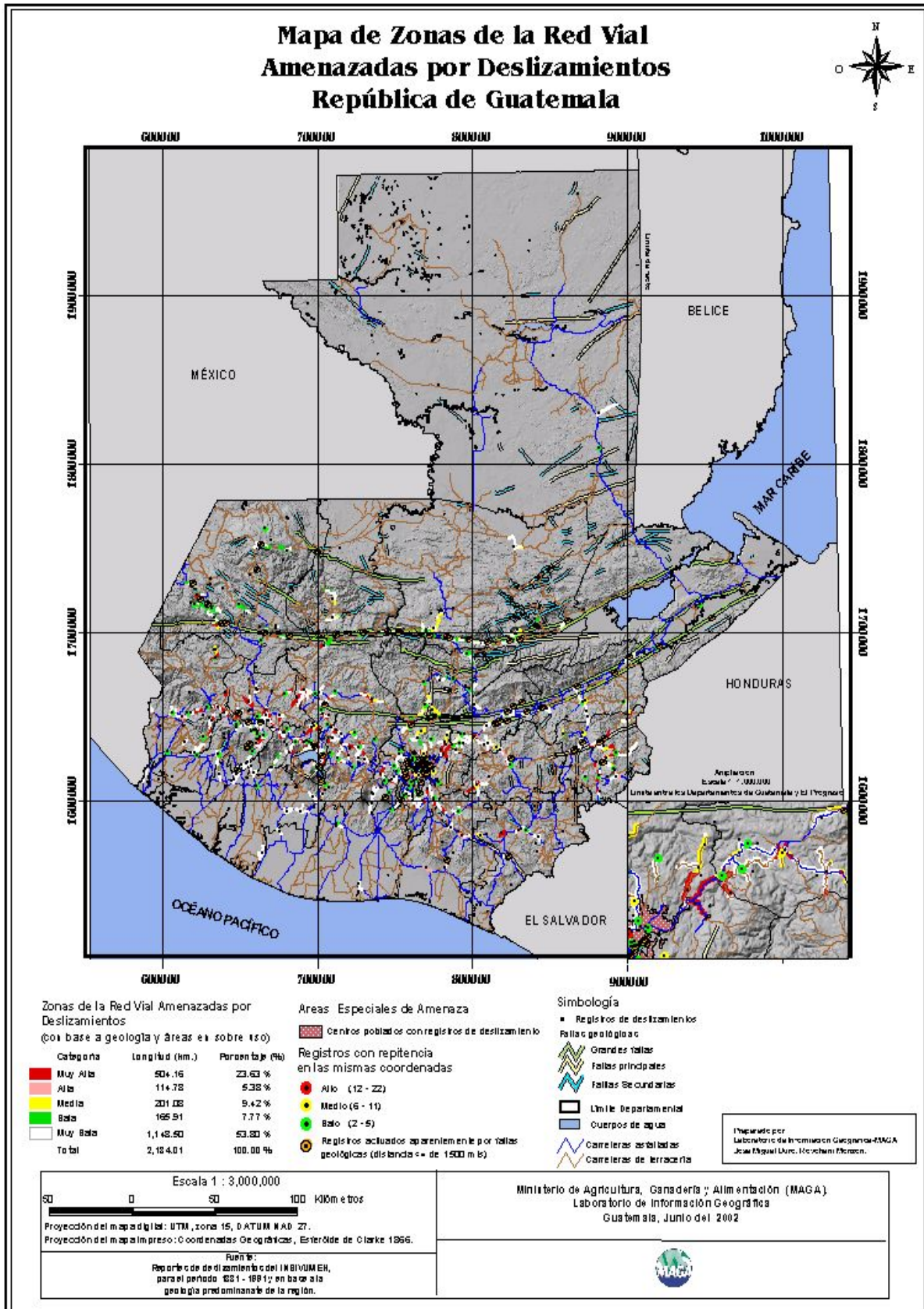
- Mapa de Zonas de la Red Vial Amenazadas por Deslizamientos
- Mapa de Municipios Amenazados por Deslizamientos
- Tabla de Municipios Priorizados según Frecuencia de Eventos de Deslizamientos



**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



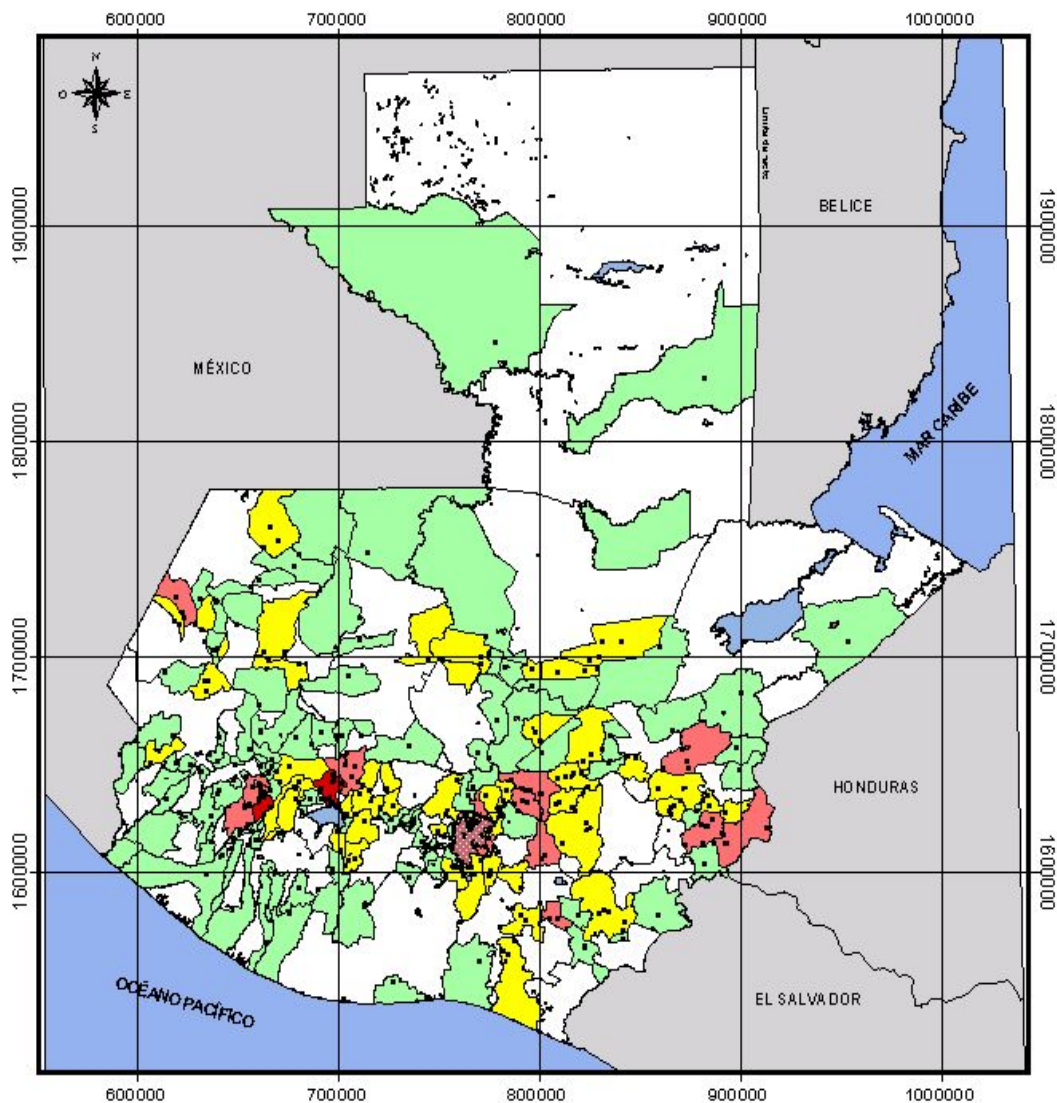


MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION  
PROGRAMA DE EMERGENCIA POR DESASTRES NATURALES

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

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

**Municipios Amenazados por Deslizamientos**  
**(Categorizados según frecuencia de registros de deslizamientos)**  
**República de Guatemala**



**Municipios Amenazados por Deslizamientos**

(con base a frecuencia de registros de deslizamientos, que no se encuentran en centros poblados)

Categoría	No. de eventos
Muy alta	(7 - 26)
Alta	(7 - 16)
Media	(3 - 6)
Baja	(1 - 2)
Muy baja	(0 eventos)

**Area especial de amenaza**

Centros Poblados con registros de deslizamientos

**Simbología**

- Registros de deslizamientos
- Límite de departamental
- Cuerpos de aguas

Preparado por:  
Laboratorio de Información Geográfica-MAGA  
Joaquín Aguilar Durán, Francisco Escobar

Escala 1 : 3,000,000  
0 50 100 Kilómetros

Proyección del mapa digital: UTM, zona 15, DATUM WAD 27.  
Proyección del mapa impreso: Coordenadas Geográficas, Estereográfica de Clarke 1866.

Fuente:  
Reporte de deslizamientos del INBIVUEN,  
para el periodo 1981 - 1991; en base a la  
geología predominante de la región.

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





**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: sigмага@newcomgua.com

**Municipios Priorizados según Frecuencia de Eventos de Deslizamiento**

No. Orden	Municipio	Departamento	Clasificación	No. Eventos	No. Orden	Municipio	Departamento	Clasificación	No. Eventos	No. Orden	Municipio	Departamento	Clasificación	No. Eventos
1	Zunil	Quetzaltenango	Muy alta	26	62	Panzós	Alta Verapaz	Baja	2	124	La Libertad	Petén	Baja	1
2	Sololá	Sololá	Muy alta	23	63	El Chol	Baja Verapaz	Baja	2	125	Cajolá	Quetzaltenango	Baja	1
3	La Democracia	Huehuetenango	Alta	16	64	Purulhá	Baja Verapaz	Baja	2	126	Coatepeque	Quetzaltenango	Baja	1
4	San Antonio La Paz	El Progreso	Alta	12	65	Morazán	El Progreso	Baja	2	127	Concepción Chiquirichapa	Quetzaltenango	Baja	1
5	San José Acatempa	Jutiapa	Alta	11	66	San Cristóbal Acasaguastlán	El Progreso	Baja	2	128	La Esperanza	Quetzaltenango	Baja	1
6	Quetzaltepeque	Chiquimula	Alta	10	67	Mixco	Guatemala	Baja	2	129	Salcajá	Quetzaltenango	Baja	1
7	Chinaulta	Guatemala	Alta	10	68	Palencia	Guatemala	Baja	2	130	Joyabaj	Quiché	Baja	1
8	Sanarate	El Progreso	Alta	9	69	Villa Nueva	Guatemala	Baja	2	131	Nebaj	Quiché	Baja	1
9	Santa Catarina Pinula	Guatemala	Alta	9	70	Barillas	Huehuetenango	Baja	2	132	Playa Grande -Ixcán	Quiché	Baja	1
10	Mataquescuintla	Jalapa	Alta	8	71	Colotenango	Huehuetenango	Baja	2	133	Sacapulas	Quiché	Baja	1
11	Quetzaltenango	Quetzaltenango	Alta	8	72	Todos Santos Cuchumatán	Huehuetenango	Baja	2	134	San Juan Cotzal	Quiché	Baja	1
12	Zacapa	Zacapa	Alta	8	73	Jalpatagua	Jutiapa	Baja	2	135	Santa Cruz del Quiche	Quiché	Baja	1
13	Esquipulas	Chiquimula	Alta	7	74	Cantel	Quetzaltenango	Baja	2	136	El Asintal	Retalhuleu	Baja	1
14	Almolonga	Quetzaltenango	Alta	7	75	Colomba	Quetzaltenango	Baja	2	137	Retalhuleu	Retalhuleu	Baja	1
15	El Palmar	Quetzaltenango	Alta	7	76	Palestina de los Altos	Quetzaltenango	Baja	2	138	San Felipe Retalhuleu	Retalhuleu	Baja	1
16	Chichicastenango	Quiché	Alta	7	77	San Carlos Sija	Quetzaltenango	Baja	2	139	Antigua Guatemala	Sacatepéquez	Baja	1
17	Guastatoya	El Progreso	Media	6	78	San Martín Sacatepéquez	Quetzaltenango	Baja	2	140	Pastores	Sacatepéquez	Baja	1
18	San Agustín Acasaguastlán	El Progreso	Media	6	79	Chiché	Quiché	Baja	2	141	Concepción Tutuapa	San Marcos	Baja	1
19	Jutiapa	Jutiapa	Media	6	80	San Antonio Ilotenango	Quiché	Baja	2	142	El Tumbador	San Marcos	Baja	1
20	Tamahú	Alta Verapaz	Media	5	81	Santa Cruz Muluá	Retalhuleu	Baja	2	143	Esquipulas Palo Gordo	San Marcos	Baja	1
21	Tucurú	Alta Verapaz	Media	5	82	Alotenango	Sacatepéquez	Baja	2	144	Malacatán	San Marcos	Baja	1
22	Patzún	Chimaltenango	Media	5	83	Santa Lucía Milpas Altas	Sacatepéquez	Baja	2	145	Nuevo Progreso	San Marcos	Baja	1
23	Amatitlán	Guatemala	Media	5	84	Santa María de Jesús	Sacatepéquez	Baja	2	146	Ocos	San Marcos	Baja	1
24	Guatemala	Guatemala	Media	5	85	San Antonio Sacatepéquez	San Marcos	Baja	2	147	Río Blanco	San Marcos	Baja	1
25	Huehuetenango	Huehuetenango	Media	5	86	San Cristóbal Cucho	San Marcos	Baja	2	148	San Rafael Pie de la Cuesta	San Marcos	Baja	1
26	San Mateo Ixtatán	Huehuetenango	Media	5	87	San Antonio Palopó	Sololá	Baja	2	149	Tajumulco	San Marcos	Baja	1
27	San Lucas Tolimán	Sololá	Media	5	88	Santa Lucía Utatlán	Sololá	Baja	2	150	Taxisco	Santa Rosa	Baja	1
28	Santa Catarina Ixtahuacán	Sololá	Media	5	89	Patulul	Suchitepéquez	Baja	2	151	San José Chacayá	Sololá	Baja	1
29	Senahú	Alta Verapaz	Media	4	90	Momostenango	Totonicapán	Baja	2	152	Santa Clara La Laguna	Sololá	Baja	1
30	San José La Arada	Chiquimula	Media	4	91	San Andrés Xecul	Totonicapán	Baja	2	153	Cuyotenango	Suchitepéquez	Baja	1
31	Frajanes	Guatemala	Media	4	92	Santa María Chiquimula	Totonicapán	Baja	2	154	Pueblo Nuevo	Suchitepéquez	Baja	1
32	San Pedro Ayampuc	Guatemala	Media	4	93	Cobán	Alta Verapaz	Baja	1	155	Río Bravo	Suchitepéquez	Baja	1
33	Chiantla	Huehuetenango	Media	4	94	Fray Bartolomé de las Casas	Alta Verapaz	Baja	1	156	San Francisco Zapotitlán	Suchitepéquez	Baja	1
34	San Pedro Necta	Huehuetenango	Media	4	95	Santa Cruz Verapaz	Alta Verapaz	Baja	1	157	San José El Idolo	Suchitepéquez	Baja	1
35	Chicamán	Quiché	Media	4	96	Tactic	Alta Verapaz	Baja	1	158	Santo Domingo Suchitepéquez	Suchitepéquez	Baja	1
36	Santiago Sacatepéquez	Sacatepéquez	Media	4	97	Salamá	Baja Verapaz	Baja	1	159	Santo Tomas La Unión	Suchitepéquez	Baja	1
37	Cuilapa	Santa Rosa	Media	4	98	San Miguel Chicaj	Baja Verapaz	Baja	1	160	San Cristóbal Totonicapán	Totonicapán	Baja	1
38	Sta Rosa de Lima	Santa Rosa	Media	4	99	Chimaltenango	Chimaltenango	Baja	1	161	San Francisco El Alto	Totonicapán	Baja	1
39	Nahuatán	Sololá	Media	4	100	El Tejar	Chimaltenango	Baja	1	162	Gualán	Zacapa	Baja	1
40	San Andrés Semetabaj	Sololá	Media	4	101	Santa Cruz Balanyá	Chimaltenango	Baja	1	163	La Unión	Zacapa	Baja	1
41	Totonicapán	Totonicapán	Media	4	102	Zaragoza	Chimaltenango	Baja	1	164	Río Hondo	Zacapa	Baja	1
42	San Cristóbal Verapaz	Alta Verapaz	Media	3	103	Carnotán	Chiquimula	Baja	1					
43	San Jerónimo	Baja Verapaz	Media	3	104	Concepción Las Minas	Chiquimula	Baja	1					
44	Comalapa	Chimaltenango	Media	3	105	San Jacinto	Chiquimula	Baja	1					
45	Pochuta	Chimaltenango	Media	3	106	El Jicaró	El Progreso	Baja	1					
46	San José Poaquil	Chimaltenango	Media	3	107	San José	Escuintla	Baja	1					
47	Tecpán Guatemala	Chimaltenango	Media	3	108	Santa Lucía Cotzumalguapa	Escuintla	Baja	1					
48	Chiquimula	Chiquimula	Media	3	109	Tiquisate	Escuintla	Baja	1					
49	Olopa	Chiquimula	Media	3	110	Chuarancho	Guatemala	Baja	1					
50	San Juan Ermita	Chiquimula	Media	3	111	San Raymundo	Guatemala	Baja	1					
51	Sansare	El Progreso	Media	3	112	Concepción Huista	Huehuetenango	Baja	1					
52	San José del Golfo	Guatemala	Media	3	113	Malacatancito	Huehuetenango	Baja	1					
53	San Juan Sacatepéquez	Guatemala	Media	3	114	San Antonio Huista	Huehuetenango	Baja	1					
54	Villa Canales	Guatemala	Media	3	115	San Gaspar Ixchil	Huehuetenango	Baja	1					
55	La Libertad	Huehuetenango	Media	3	116	Santa Eulalia	Huehuetenango	Baja	1					
56	San Rafael Pézcal	Huehuetenango	Media	3	117	Santiago Chimaltenango	Huehuetenango	Baja	1					
57	Jalapa	Jalapa	Media	3	118	Soloma	Huehuetenango	Baja	1					
58	San Miguel Ixtahuacán	San Marcos	Media	3	119	Morales	Izabal	Baja	1					
59	San Pablo	San Marcos	Media	3	120	Asunción Mita	Jutiapa	Baja	1					
60	Chiquimulilla	Santa Rosa	Media	3	121	El Adelanto	Jutiapa	Baja	1					
61	Cabañas	Zacapa	Media	3	122	Quesada	Jutiapa	Baja	1					
					123	Dolores	Petén	Baja	1					