

## **2.2 RIESGO REGIONAL**

### **2.2.1 SISMICIDAD**

La sismicidad de la zona del proyecto se considera de moderada a alta por su ubicación en una región sísmica mixta: cercana a la Zona de Subducción que determina la formación de la Fosa Mesoamericana, así como influenciada por la Cadena Volcánica.

La Zona de Subducción es la fuente generadora de la mayoría de los eventos sísmicos de profundidades mayores a los 50 km. y a la vez, de recurrencia a corto plazo (Ligorria, 1995).

La Cadena Volcánica, se considera como zona importante de sismicidad somera, no tanto como fuente de terremotos de elevada magnitud, sino por ser una zona de fallamientos secundario importante en donde los movimientos tectónicos se dan en un radio de 20 kilómetros respecto del epicentro. Las posibilidades de ocurrencia de sismos en esta zona es elevada (períodos cortos de recurrencia de sismos).

### **2.2.2 VULCANISMO**

Pese a encontrarse el área estudiada directamente al sur del complejo de edificios volcánicos que rodean el borde sur de la Caldera de Atitlán, la zona no presenta riesgos de este tipo, ya que estos volcanes se consideran extintos al no haber manifestado actividad en tiempos históricos.

### **2.2.3 DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS**

En cuanto a la estabilidad del terreno, el relieve moderado a completamente plano y la ausencia de sistemas mayores de fracturación cercanos asegura la baja posibilidad que se produzcan derrumbes o deslizamientos.

La parte alta de la cuenca presenta pendientes más pronunciadas, pero la presencia de cubierta vegetal proporciona una buena estabilidad a las laderas.

### **3. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DENTRO DE LA CUENCA**

#### **3.1 VULNERABILIDAD FISICA**

Como se mencionó anteriormente, el territorio guatemalteco como un todo, por sus características toctono-fisiográficas, presenta innumerables amenazas naturales. Por tanto, el área bajo estudio está sujeta a las siguientes formas de las mismas.

##### **3.1.1 INUNDACIONES**

Como fue apuntado en los alcances del estudio, se ha puesto especial énfasis en la vulnerabilidad frente a inundaciones, por tratarse de las amenazas potenciales más recurrentes y cuya cauda representa las mayores pérdidas año con año.

##### **3.1.1.1 CONSIDERACIONES**

Para propósitos de análisis numérico-digital se consideró que la mayor cantidad y calidad de datos disponibles corresponden a períodos de tiempo anuales, por lo que la metodología utilizada en el presente trabajo está estrictamente referida al análisis de la vulnerabilidad ante inundaciones ANUALES.

La información básica utilizada en la cuenca corresponde a datos geográficos del tipo vectorial por segmentos (curvas de nivel a cada 20 m, ríos, zonas pobladas y parte-aguas ó divisorias de cuencas) así como datos puntuales como ubicación de casas, estaciones pluviométricas, etc. La mayoría de esta información fue digitalizada a partir de las hojas topográficas escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), otra parte fue obtenida de la base de datos que el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) está utilizando en el

Programa de Reconstrucción post-Mitch y en menor escala, cierta información fue obtenida a través del proyecto CATIE-ESPREDE-MAGA.

La digitalización de la información y la presentación de los mapas finales fue realizada utilizando AutoCAD v.14.0, la edición y corrección de los datos fue realizada utilizando Arc View v.3.2 y Arc Info y el procesamiento y análisis digital de los datos fue hecho utilizando ILWIS v. 3.2.

En general, se realizó un análisis tomando en cuenta los tres principales factores que, a juicio del Consultor, favorecen la ocurrencia de una inundación anual: el régimen de intensidad de lluvia en la cuenca, la pendiente del terreno y la distancia de los centros poblados a los principales ríos del sistema hidrográfico. Cada una de estas variables fue clasificada y "pesada-evaluada" en función de las observaciones de campo y utilizando como base el Modelo de Elevación Digital (DEM) de la cuenca.

Los resultados obtenidos se presentan en forma de mapas los cuales muestran las zonas de baja, moderada y alta amenaza, los cuales al ser combinados con las áreas pobladas, manifiestan las áreas más vulnerables ante inundaciones anuales en cada cuenca.

### **3.1.1.2 INFORMACION BASICA.**

La información básica utilizada en las 6 cuencas corresponde a datos geográficos del tipo vectorial por segmentos (curvas de nivel a cada 20 m, ríos, zonas pobladas y parte-aguas ó divisorias de cuencas) así como datos puntuales como ubicación de casas, estaciones pluviométricas, etc. La mayoría de esta información fue digitalizada a partir de las hojas topográficas escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), otra parte fue obtenida de la base de datos que el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) está utilizando en el Programa de Reconstrucción post-Mitch y en menor escala, cierta información fue obtenida a través del proyecto CATIE-ESPREDE-MAGA.

Las curvas de nivel topográficas ó *contour lines* constituyen la base y fundamento del análisis digital ya que sirven para la definición del Modelo de Elevación Digital (DEM) de la cuenca, las cuales, al estar referidas a una altitud relativa al nivel del mar le convierten en un Modelo Digital del Terreno (DTM) (ver Figura 3.1). Este DTM es un mapa tipo raster, es decir, con un esqueleto formado por pixeles ordenados en hileras y columnas, y contiene los valores de altitud sobre el nivel del mar de cada punto central del pixel, al cual le fue asignado un tamaño de 10 m x 10 m.

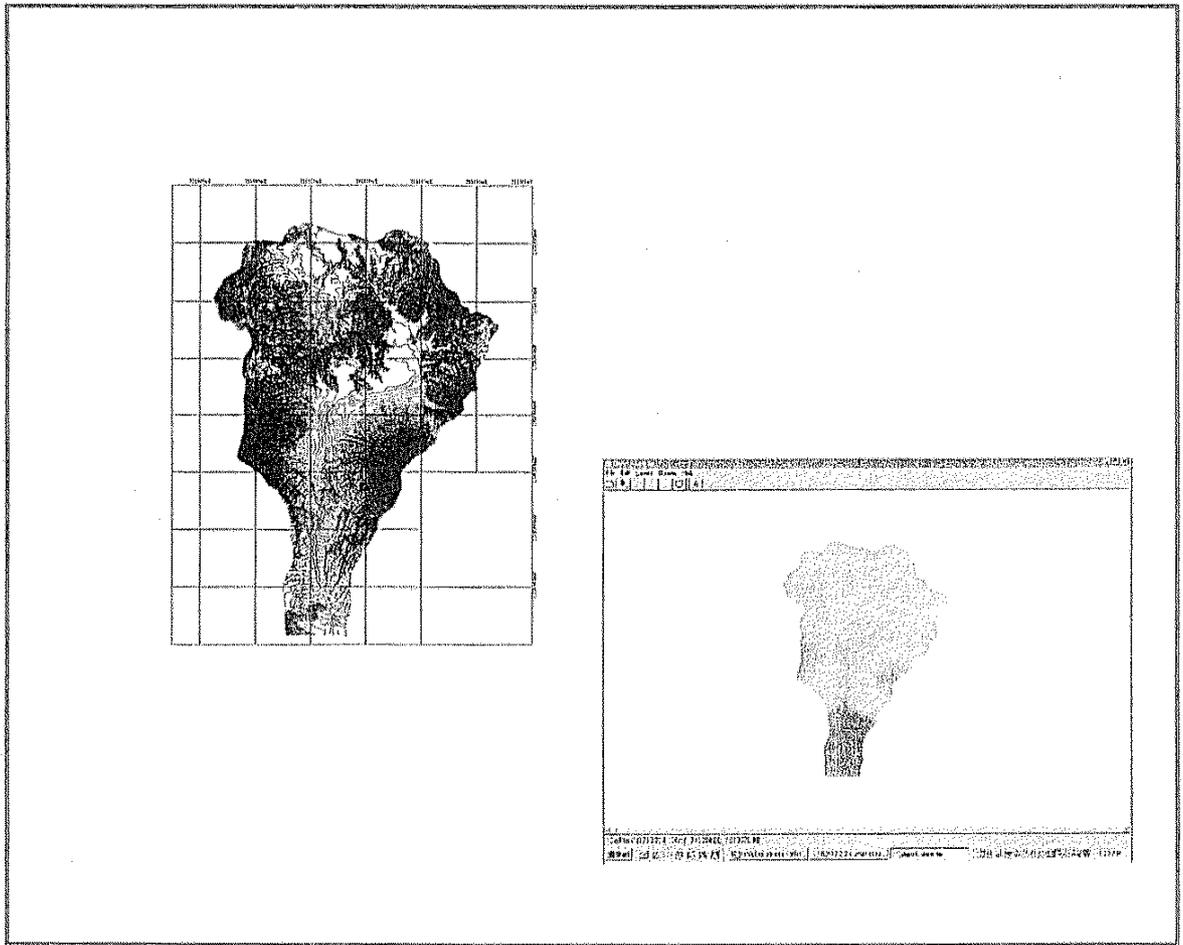


Figura 3.1. Ejemplos del mapa topográfico vectorial y el Modelo Digital de Terreno (DTM) para la Cuenca Alto Guacalate, Sacatepéquez.

Adicionalmente, se utilizaron los datos vectoriales del sistema hidrográfico principal de cada cuenca así como los centros poblados más importantes (ver Figura 3.2).

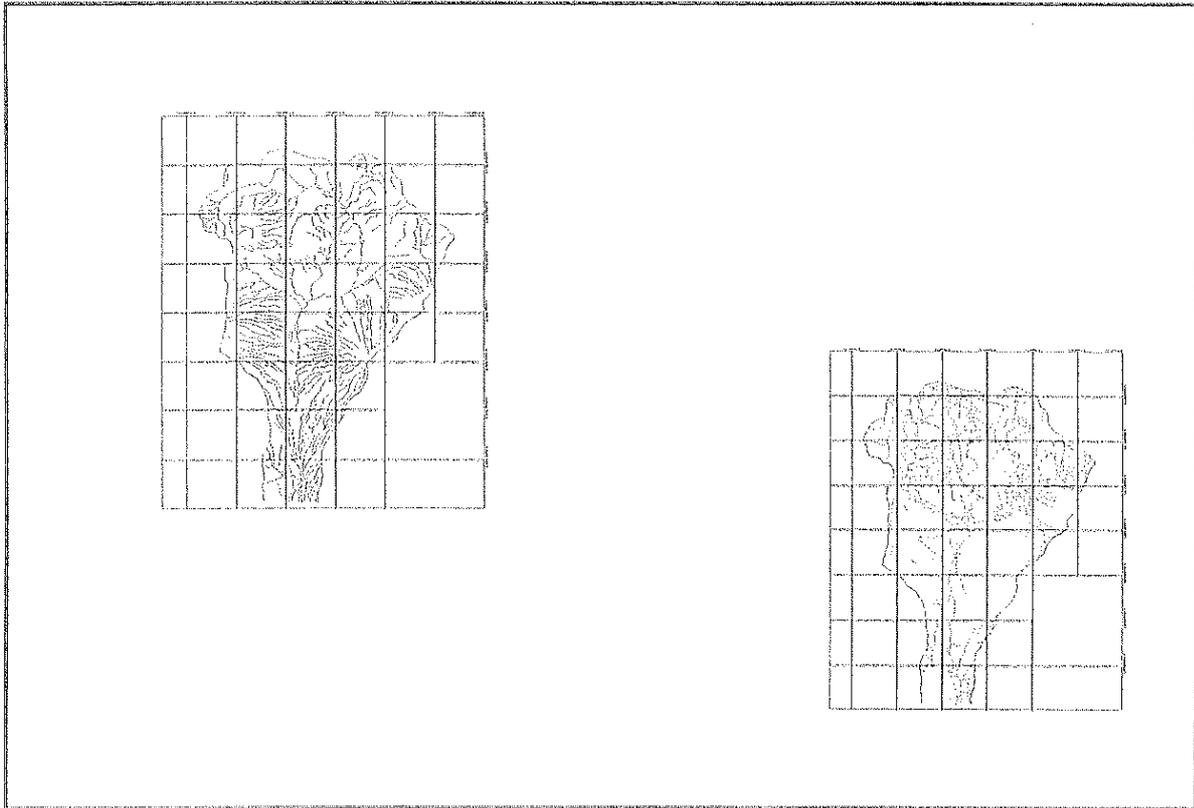


Figura 3.2. Ejemplos de los datos vectoriales de ríos y centros poblados para la Cuenca Alto Guacalate, Sacatepéquez.

### 3.1.1.3 METODOLOGIA DE ANALISIS.

Se utilizó una metodología estándar de análisis para las 6 cuencas comprendidas en este estudio. Derivado de las observaciones de campo se determinó que los factores primarios que favorecen la ocurrencia de una inundación anual son:

- La cantidad de lluvia sobre una zona determinada,
- La pendiente del terreno (planicies de inundación), y
- La distancia a la que se encuentran las casas de los ríos.

Para la clasificación de cada una de estas variables, en zonas críticas, moderadas y normales, se utilizaron estrictamente los datos recolectados con base en antecedentes históricos, testimonio de los pobladores y evidencias de campo. Debido a lo escaso de los datos disponibles no se pudo realizar una estadística formal pero se asume que corresponden a situaciones reales de inundación anual.

Básicamente, las diferentes componentes y etapas del análisis se pueden agrupar de la siguiente manera:

### 3.1.1.3.1 Elaboración del Modelo Digital de Terreno (DTM).

Para esta etapa se utilizan las curvas de nivel o *contour lines*, en este caso disponibles a intervalos de cada 20 m. Cada una de estas curvas deberá tener su correspondiente código relacionado a la altitud relativa al nivel del mar.

El proceso digital de análisis consiste en una interpolación de los valores de altitud a cada 1 m entre las curvas de nivel existentes. El producto final es un mapa tipo raster, estructurado en píxeles de 10 m x 10 m, en el que se conoce el valor de altitud sobre el nivel del mar para cada punto central (ver Figura 3.3). Este DTM sirve como base para el cálculo del mapa de pendientes y del mapa de intensidad de lluvia.

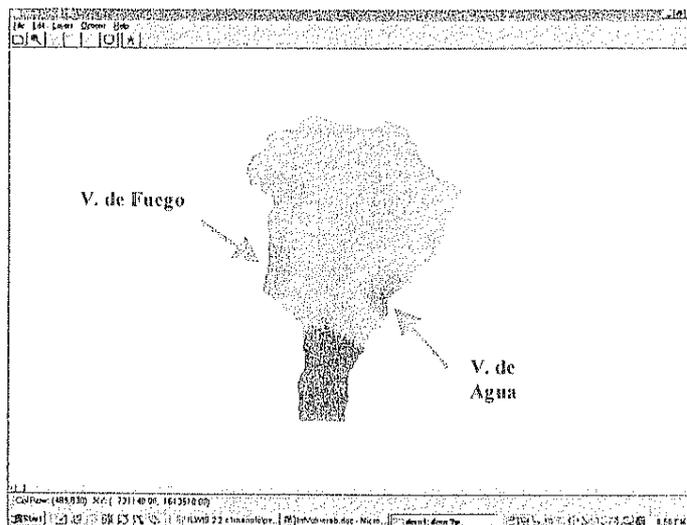


Figura 3.3. Ejemplo del Modelo Digital de Terreno (DTM) para la Cuenca Alto Guacalate, Sacatepéquez.

### 3.1.1.3.2 Cálculo del mapa de distancia a los ríos.

Para esta etapa se utilizó el mapa rasterizado del sistema hidrográfico de la cuenca y por medio de la función *distance* se calcularon los valores de distancia de cada punto central del píxel al río más cercano.

Posteriormente, se utilizó la función *clasify* para convertir el mapa de valores en mapa de clases: Crítica, para aquellas distancias menores de 100 m, Moderada, para las distancias entre 100 m y 200 m y Normal, para las distancias mayores de 200 m.

Finalmente, se elaboró el mapa "pesado" de distancia a los ríos calificando a cada una de las clases con un valor definido en 10 para la clase Crítica, 5 para la clase Moderada y 0 para la clase Normal. El mapa final (**Wdist**) sirve de base para el cálculo del mapa final de amenaza (ver Fig.3.4).

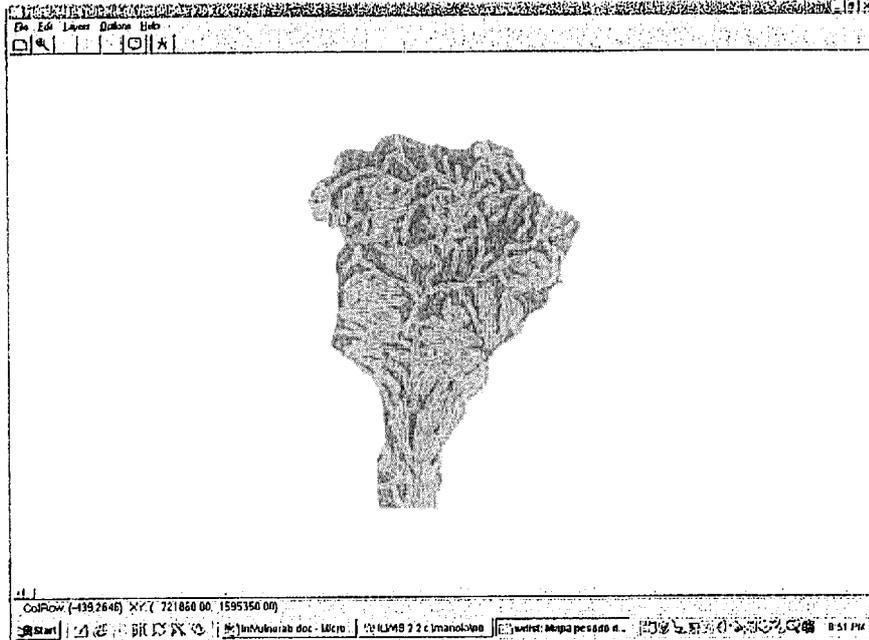


Figura 3.4. Ejemplo del mapa de distancia a los ríos para la Cuenca Alto Guacalate, Sacatepéquez.

### 3.1.1.3.3 Cálculo del mapa de pendientes.

Para esta etapa se utilizó el DTM de la cuenca y por medio del filtro *slope* ( $dx/dy$ ) se calcularon los valores de pendiente en porcentaje de cada punto central del pixel.

Posteriormente, se utilizó la función *clasify* para convertir el mapa de valores en mapa de clases: Crítica, para aquellas pendientes menores de 20%, Moderada, para las pendientes entre 20% y 40% y Normal, para las mayores de 40%.

Finalmente, se elaboró el mapa "pesado" de pendientes calificando a cada una de las clases con un valor definido en 10 para la clase Crítica, 5 para la clase Moderada y 0 para la clase Normal. El mapa final (**Wslope**) sirve de base para el cálculo del mapa final de amenaza (Fig. 3.5).

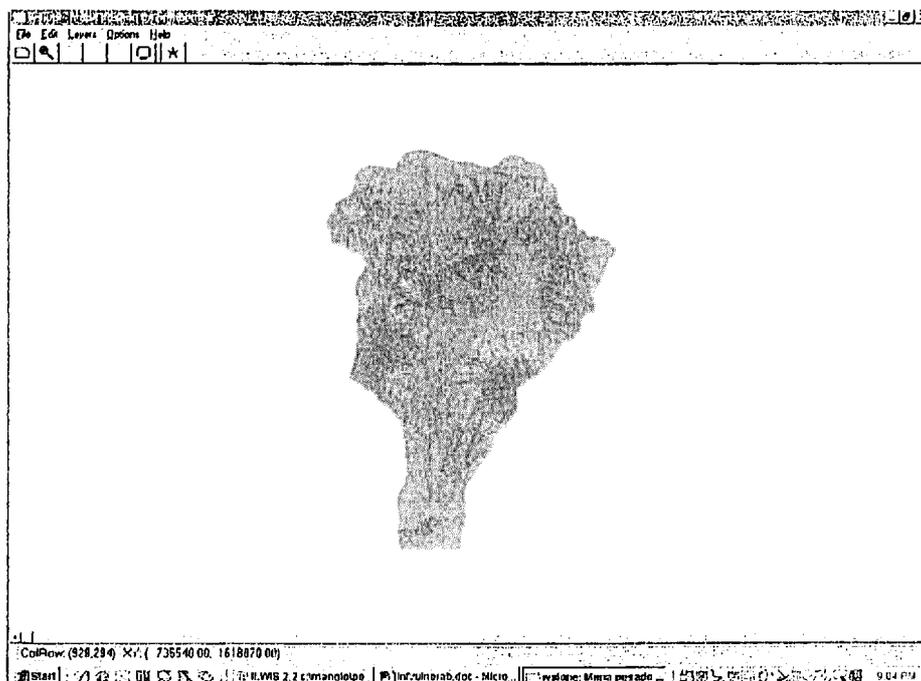


Figura 3.5. Ejemplo del mapa de pendientes para la Cuenca Alto Guacalate, Sacatepéquez.

#### 3.1.1.3.4 Cálculo del mapa de intensidad de lluvia.

Para esta etapa se utilizaron los datos de intensidad de lluvia anuales disponibles en el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) para aplicar un análisis de correlación lineal por el método de Mínimos Cuadrados asumiendo que en menor o mayor medida la cantidad de lluvia que aporta cada punto de la cuenca está en función de su valor de altitud. Es bastante previsible que el regimen de lluvias de las cuencas está influenciado por otros factores como temperatura, humedad, presión atmosférica, etc. pero, se consideró que el factor de mayor peso podría ser la altitud. Se obtuvo entonces una ecuación lineal que relaciona como variable independiente (X) la altitud, representada por el DTM, y como variable dependiente (Y) la intensidad de lluvia.

Posteriormente, se utilizó esta ecuación y las funciones aritméticas correspondientes para generar el mapa de intensidad de lluvia que en cierta forma representa el aporte de cada región de la cuenca. Luego, con base a un histograma de los valores de intensidad de lluvia y utilizando la función *clasify* se convirtió el mapa de valores en mapa de clases: Crítica, para las mayores intensidades, Moderada, para las intensidades medias y Normal, para las menores.

Finalmente, se elaboró el mapa "pesado" de intensidad de lluvia calificando a cada una de las clases con un valor definido en 10 para la clase Crítica, 5 para la clase Moderada y 0 para la clase Normal. El mapa final (**Wlluvia**) sirve de base para el cálculo del mapa final de amenaza (ver Fig.3.6).

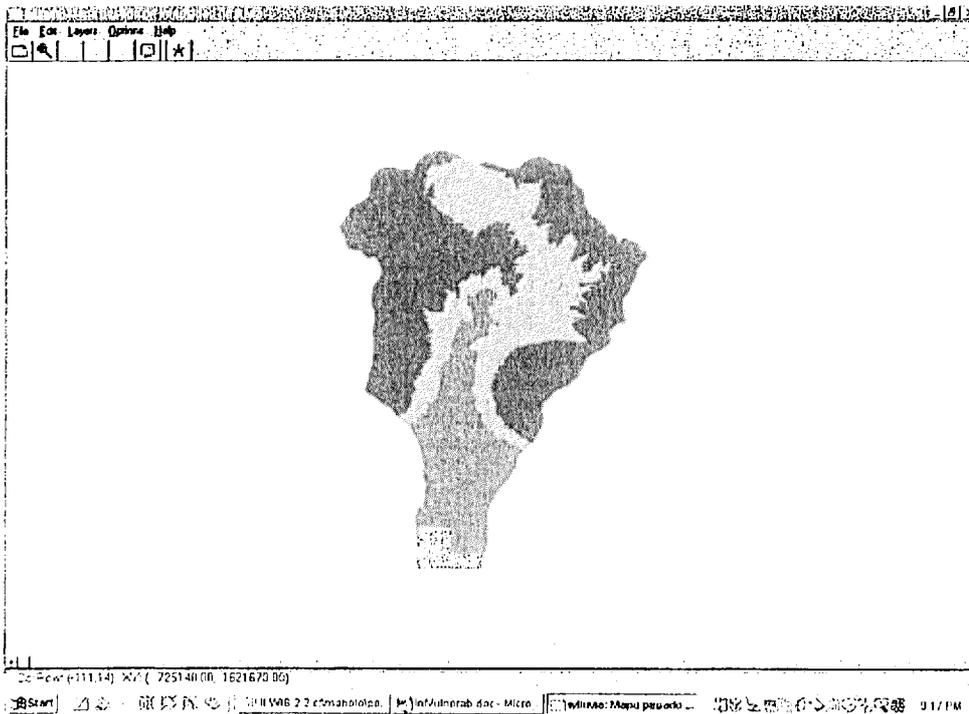


Figura 3.6. Ejemplo del mapa de intensidad de lluvia para la Cuenca Alto Guacalate, Sacatepéquez.

### 3.1.1.3.5 Cálculo del mapa de amenaza ante inundaciones anuales.

Luego de tener disponibles los 3 mapas "pesados" de factores que favorecen la inundación ( $W_{dist}$ ,  $W_{slope}$  y  $W_{lluvia}$ ) se procedió a hacer una simple operación aritmética de sumatoria para obtener el mapa de amenaza utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Amenaza} = W_{\text{dist}} + W_{\text{slope}} + W_{\text{lluvia}}$$

El resultado final fue un mapa de amenaza para cada cuenca en el cual las zonas de más alta amenaza corresponden a los valores más altos de calificación (nunca mayor de 30) y se identifican con colores de tonalidades rojo a naranja, las zonas de amenaza moderada corresponden a los colores verdes y las zonas de amenaza baja corresponden a los valores más bajos de calificación (nunca menor que 0) y se identifican con colores de tonalidad azul (ver Fig. 3.7).

Este mapa resultante, y todos sus elementos complementarios, fueron exportados en formatos tipo dxf, bmp y tif para luego ser importados, editados y presentados con Auto CAD v.14.0 para su impresión final.



Figura 3.7. Ejemplo del mapa de amenaza ante inundaciones para la Cuenca Alto Guacalate, Sacatepéquez.

Debido a que el mapa de amenaza, al igual que los otros mencionados anteriormente, siempre son generados simultáneamente con una tabla de datos numéricos se pudieron hacer las estimaciones numérico-porcentuales en relación a la amenaza determinada en la cuenca. Estos resultados se presentan en la Tabla 3.1.

**TABLA No. 3.1**

**ESTIMACIONES NUMERICO-PORCENTUALES DE AMENAZA ANTE INUNDACIONES ANUALES PARA CADA CUENCA EN ESTUDIO**

Cuenca	Amenaza Numérica	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Clase de Amenaza	Superficie (Km <sup>2</sup> )	% de la Cuenca
Madre Vieja	0	40.55	Baja	111.12	16.52
	5	70.57			
	10	98.62	Moderada	192.92	28.69
	15	94.30			
	20	201.43	Alta	368.48	54.79
	25	90.53			
	30	76.52			
<b>Totales:</b>		<b>672.52</b>		<b>672.52</b>	<b>100.00</b>

Las conclusiones del análisis de amenaza se resumen a continuación:

- Según lo esperado, las zonas de más alta amenaza están ubicadas en la parte baja de la cuenca formando planicies de inundación con morfologías y dimensiones que varían de acuerdo a las características de cada cuenca. Gracias al análisis digital de la información ha sido posible definir dichas zonas basado en criterios de campo y datos reales obtenidos de diversas fuentes. Por lo tanto, estos resultados constituyen la primera **zonificación cuantitativa** de amenaza que se realiza en nuestro país.
- En general, las zonas definidas como de alta amenaza corresponden a valores no mayores del 50% de la superficie total.
- La cuenca del río **Madre Vieja** se define una zona de mayor amenaza en la parte baja de la misma, justo en jurisdicción de Nueva Concepción, la cual es una zona que ha probado ser muy

problemática junto con la región de Las Trochas, Canoguitas, etc. en la parte de la cuenca del río Coyolate.

#### 3.1.1.3.6 Determinación de Áreas Vulnerables

Como fue definido con anterioridad, la vulnerabilidad está dada en función social, por lo que el mapa de amenaza generado fue combinado con el mapa de sitios poblados para determinar la coincidencia de áreas de amenaza alta con sitios habitados. En el mapa final, estas áreas de alta vulnerabilidad son representadas como áreas ashuradas.

Los resultados obtenidos a través de los mapas de vulnerabilidad y las características propias de los programas de cómputo utilizados (Arc View, ILWIS y Auto CAD) permiten poder hacer cualquier análisis cuantitativo posterior con el propósito de la posible ubicación de estaciones de monitoreo y respuesta en un Sistema de Alerta Temprana (SAT), así como un análisis más detallado en los poblados que se ubican en las zonas de alta vulnerabilidad.

### 3.1.2 SISMICIDAD

De acuerdo a Ligorría (1995), en base a estudios geológicos, sismicidad histórica e instrumental y otros criterios tectónicos, el territorio de Guatemala ha sido dividido en cuatro provincias sismotectónicas. El área de estudio se encuentra influenciada por dos de estas provincias: la Cadena Volcánica y La Zona de Subducción.

La cadena volcánica de Guatemala pertenece al arco volcánico andesítico de Centro América, el cual se extiende en forma paralela a la zona de subducción del Pacífico. Pese a que las zonas volcánicas por si solas raramente producen grandes terremotos, el área se considera de importancia debido a que la misma se encuentra fuertemente fracturada. Aunque el origen de mucha de esta actividad somera es atribuida a la actividad tectónica de las estructuras circundantes, fuertes terremotos y enjambres de terremotos parecen ocurrir independientes de estas fuentes estructurales.

La zona de subducción está claramente definida con un rumbo de N30°E, entre las placas del Coco y Caribe. La mayoría de eventos en esta región son del tipo de cabalgamiento y definen la zona Wadati-Benioff, inclinándose entre 50° y 60°, con una razón de hundimiento de aproximadamente 7 cm/año. Algunos de los eventos alcanzan

profundidades de 250 km (Ligorria, 1993). Esta zona de subducción e parte de la fosa Meso Americana, la cual se prolonga casi continuamente a lo largo de Centroamérica, hasta alcanzar la zona de triple unión de placas en el sureste de Mexico.

De acuerdo a la zonificación realizada por Ligorria (1995), la máxima magnitud de evento esperada para el área es de 8.0. De esta consideración parte para la definición de las diferentes aceleraciones del suelo esperadas para distintos períodos de recurrencia, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

**TABLA No. 3.2**

**ACELERACIONES PICO DEL TERRENO ESPERADAS**

Area	Peak Ground Acceleration (PGA) en m/seg <sup>2</sup>		
	1	2	3
Cadena Volcánica	2 – 2.4	2.4 – 2.8	> 4.2
Zona Costera	>2.4	>2.8	>4.2

- 1 Probabilidad de excedencia anual de 0.02 correspondiendo a un período de retorno de 50 años.
- 2 Probabilidad de excedencia anual de 0.01 correspondiendo a un período de retorno de 100 años.
- 3 Probabilidad de excedencia anual de 0.002 correspondiendo a un período de retorno de 500 años.

**3.1.3 VULCANISMO**

Pese a encontrarse el área. directamente al sur de un complejo Volcánico conformado por los volcanes Atitlán, Tolimán y San Pedro, el riesgo volcánico es muy bajo, ya que estos edificios no han registrado actividad en períodos históricos, por lo que se consideran extintos.

**3.1.4 DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS**

La zona que podría se afectada por este tipo de eventos se localiza en la parte alta de la cuenca, donde la pendiente del terreno favorece la

inestabilidad. Sin embargo en esta sección de la cuenca, la cubierta vegetal es aún bastante densa, mitigando el riesgo de estos siniestros.

### **3.2 VULNERABILIDAD AMBIENTAL**

En el sentido propiamente ambiental, debe separarse el área estudiada en dos sectores: la cuenca media y la cuenca baja.

La cuenca media, considerada al paso del Río por las poblaciones de Patulul y Cocal, presenta una moderada vulnerabilidad ambiental, debida principalmente a la ausencia total de un sistema de manejo de efluentes líquidos y desechos sólidos.

Ninguna municipalidad cuenta con medios para disponer adecuadamente los desechos, los cuales son depositados a orillas del río o directamente a su cauce, con la directa contaminación de sus aguas. A esto se viene a unir los residuos de productos químicos utilizados en las siembras de café, caña de azúcar, etc., los cuales son arrastrados por la escorrentía superficial. Esto es especialmente perjudicial para la población que se asienta directamente en las riberas del río.

La parte baja de la cuenca, considerada aquí la región ocupada por los parcelamientos de Nueva Concepción, aparte de contar con el mismo problema de la disposición de desechos, éste se magnifica, ya que algunas comunidades toman el agua directamente del río para sus servicios básicos.

Un agravante ambiental más consiste en las constantes crecidas del Río, el cual cuando se retira a su cauce normal, deja a su paso grandes áreas inundadas, las cuales constituyen un ambiente perfecto para la proliferación de vectores transmisores de graves enfermedades.

### **3.3 VULNERABILIDAD SOCIO-CULTURAL**

#### **3.3.1 ANALISIS DE LAS MANIFESTACIONES CULTURALES MAS VULNERABLES**

Sin lugar a dudas, la parte baja de la Cuenca del Río Madre Vieja, a la altura de las Comunidades conformadas por los Parcelamientos del Palo Blanco, por su abundancia en vestigios arqueológicos y culturales y su

alta vulnerabilidad a inundaciones, constituye también un área altamente vulnerable en el sentido cultural.

Aparte de esa región, los demás sitios arqueológicos se localizan en sitios altos, fuera del alcance de las inundaciones o eventos destructivos de los ríos.

### **3.3.2 ANALISIS DE LAS COMUNIDADES MAS VULNERABLES**

#### **COLONIA LUISIANA**

Esta colonia está integrada por 125 familias, el 50% de estas familias se encuentran en riesgo por las crecidas del río Tejulute que desemboca en el río Madre Vieja, cerca de la comunidad. Los hombres trabajan especialmente en una procesadora de hule. No se dedican a la agricultura. Las mujeres se dedican a actividades en el hogar y a la crianza de los hijos.

Este caserío cuenta con escuela, salón comunal, iglesia, servicio de agua y energía eléctrica. Las viviendas están construidas con materiales formales como block, el techo es de lámina de zinc y el piso es de cemento. Cada una de ellas tiene de dos a tres ambientes con un solo dormitorio. En cuanto a servicios de salud los pobladores tienen que movilizarse a Patulul que dista 5 kilómetros.

Desde noviembre de 1,998, cuando la tormenta tropical Mitch afectó el territorio guatemalteco, los ríos de la región crecen en invierno. Fue esa la única vez en que los pobladores se vieron afectados por el río Tejulute. Ninguna institución trabaja en beneficio de la colonia.

En la colonia funciona un comité pro – mejoramiento desde aproximadamente 8 años, que ha realizado actividades para la introducción de agua domiciliar y de energía eléctrica

#### **CASERÍO LLANO VERDE (Patulul)**

En la comunidad viven alrededor de unas 30 familias, la mayoría de origen indígena, cuya actividad principal es la agricultura. Los pobladores trabajan en las fincas. Las mujeres se dedican a actividades en el hogar y a la crianza de los hijos.

En el caserío no hay escuela. Los escolares acuden a los centros ubicados en Patulul. Existe servicio de agua potable, no así de energía

eléctrica. Las viviendas están construidas con madera y cartón, en pocos casos con block, con techo de lámina de zinc y piso de tierra. Cada una de ellas tiene de dos a tres ambientes con un solo dormitorio.

Los habitantes utilizan los servicios del centro de salud de Patulul. Las principales enfermedades que los afectan son gastrointestinales y respiratorias. Como ya se mencionó, luego de que la tormenta tropical Mitch afectara el territorio guatemalteco, los ríos de la región crecen especialmente en invierno. En el último invierno fueron destruidas 3 casas, no hubo pérdidas humanas.

Ninguna organización privada o pública ha trabajado en beneficio de la población. En opinión de los pobladores de la comunidad ni la municipalidad ni la gobernación departamental colaboran para mejorar las condiciones de vida de los lugareños. Existe una comité pro - mejoramiento que tiene un mes de estar funcionando.

Uno de los problemas que afectan a la población es la falta de oportunidades laborales. Por ello los jóvenes se ven obligados a migrar hacia las ciudades y aun hacia otros países.

## **COCALES**

Está formado por unas 80 familias aproximadamente. Principalmente los pobladores se dedican al comercio en pequeña escala: comedores, aceiteras, tiendas, ventas de llantas, talleres mecánicos, venta de comida a los pasajeros de los buses extraurbanos.

En esta comunidad se encuentra una escuela de primaria. Existen servicio de agua entubada domiciliar y de energía eléctrica. Las viviendas están construidas con materiales formales como block, con techo de lámina de zinc y piso de granito. La mayoría de ellas tiene de dos a tres ambientes con uno o dos dormitorios. Los desagües de las casas van a dar al río Madre Vieja. En algunas de las casas se cuenta con teléfono celular.

En cuanto a servicios de salud los pobladores tiene que movilizarse a Patulul, donde se ubica un centro de salud. Los pobladores se ven afectados por enfermedades respiratorias.

No ha habido nunca ningún problema con el río Madre Vieja.

## **PARCELAMIENTO PALO BLANCO**

El parcelamiento está formado por unas 500 familias distribuidas en 14 sectores o Trochas. Principalmente los pobladores se dedican a trabajar en la agricultura y ganadería. Las mujeres a las actividades del hogar y pequeños comercios

En los distintos sectores se encuentran escuelas que atienden las necesidades de la población estudiantil. Existen servicio de agua entubada domiciliar y de energía eléctrica. No hay desagües. Hay dos tipos de viviendas: unas construidas con materiales formales como block, lámina de zinc y piso de granito. Las otras construidas con materiales como cartón, bajareque, techo de lámina y piso de tierra. La mayoría de ellas tiene de uno a dos ambientes con uno de ellos como dormitorio. En algunas de las casas se cuenta con teléfono celular.

En el lugar no existen servicios de salud, por lo que los pobladores tienen que movilizarse a Tiquisate, donde se ubica un centro de salud. Los pobladores se ven afectados por enfermedades como el dengue y gastrointestinales.

Los sectores más afectados con las crecidas del río Madre Vieja son las Trochas de la 4 a la 14, afectando especialmente los terrenos de siembra y vías de acceso. No se determinó el funcionamiento de algún comité en el parcelamiento.

### **3.4 ANALISIS DEL SISTEMA COMUNITARIO-INSTITUCIONAL DE EMERGENCIA**

Como se mencionó, no existe de momento coordinación entre los distintos comités u organizaciones de pobladores, a fin de afrontar emergencias ocasionadas por siniestros o desastre naturales.

**TABLA No. 3.3**

**CUENCA MADRE VIEJA, CUADRO RESUMEN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS COMUNIDADES**

COMUNIDAD	TIPO DE AMENAZA														
	INUNDACIÓN			DEESLIZAMIENTO			VULCANISMO			AMBIENTAL			SOCIAL		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Col. Luisiana															
Cas. Llano Verde															
Cocales															
Trochas 4 a 14															

**VULNERABILIDAD**  
 B Baja  
 M Media  
 A Alta

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

La cuenca del río Madre Vieja, en cuanto población, presenta características propias del sur-occidente guatemalteco. La población es de origen ladino (no indígena), dedicada actualmente a la agricultura de subsistencia.

Las comunidades más vulnerables son aquellas localizadas en las Trochas, a orillas del Río, especialmente de la trocha 3 a la 14. Estas se ven afectadas año con año por las crecidas del río.

El área que presenta mayor vulnerabilidad en relación con el patrimonio histórico de la nación es el área cercana a la desembocadura del Río, por la abundancia de sitios reportados y el alto riesgo de inundación de la zona en general.

El área se encuentra dentro de la zona de influencia de dos fuentes de eventos sísmicos: la cadena volcánica, la cual genera sismicidad somera y la zona de subducción, responsable por eventos de una profundidad mayor a los 50 km.

Las inundaciones son con mucho, el evento que pone en mayor riesgo a la población del área, en especial a las comunidades de las partes bajas de la cuenca, la cual es considerada un área de alta vulnerabilidad a inundaciones.

Los resultados obtenidos en el análisis de la cuenca Alto Madre Vieja, se entienden como la **ZONIFICACION CUANTITATIVA** de la vulnerabilidad ante inundaciones anuales. A pesar que dichos resultados puedan parecer obvios y evidentes (zonas de alta vulnerabilidad a ambos lados de los cauces de los ríos y planicies de inundación), los mismos están basados en análisis numéricos que permiten hacer cualquier estimación de aceptable exactitud en torno a las distancias mínimas que deberían observarse para la planificación del Desarrollo Urbano de las poblaciones de mayor vulnerabilidad así como para la estimación de habitantes por zona vulnerable para dichas poblaciones.

Los resultados obtenidos en el presente análisis pueden servir de base para futuras estimaciones a escala de poblados, incluso de bloques-manzanas,

utilizando datos más detallados de tipo demográfico, índices socioeconómicos, etc.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

### **4.2.1 GENERALES**

El tema del Ordenamiento Territorial, deberá ser prioritario dentro de las políticas de acción inter-institucional, para contar con una base para realizar las sugerencias al momento de crear las políticas de Estado.

Es urgente el trabajar en un programa regional de organización y coordinación de pobladores, con el apoyo de las instituciones y agencias de cooperación, para crear programas de prevención, alerta y combate de siniestros.

Como medidas a corto plazo, se deberán crear programas de información a la población, donde se les instruya respecto de las amenazas a las que están expuestos y las medidas preventivas necesarias.

Se deben dirigir esfuerzos coordinados de instituciones involucradas en el manejo de desastres, para realizar obras preventivas (dragados, muros de contención, bermas, etc.) que ayuden a mitigar los riesgos de las amenazas detectadas.

Es necesario impulsar procesos que transformen las condiciones de vida y las relaciones de producción a todos los niveles, a través de una mitigación de riesgos, y acceder a la reversión de procesos que condicionan la vulnerabilidad en términos más amplios.

### **4.2.2 ESPECÍFICAS**

Se debe tener muy presente que la parte baja de la cuenca es rica en sitios arqueológicos, por lo que cualquier intervención en el área, o posibilidad de efectuar un registro de datos arqueológicos debe ser tomada muy en cuenta.

Sin duda alguna, cuando el cause del río se sale o forma nuevos causes ha de mostrarse evidencia de plataformas o depósitos de material arqueológico.

De no ser posible la reubicación de la Comunidad Llano Verde, asentada en las cercanías del Cementerio de Patulul, deben diseñarse las obras de protección (bordas) que garanticen su seguridad ante crecidas del Río.

Implementar un Sistema de Alerta temprana como el sugerido en el Tomo II de este estudio, a fin de contar con los medios necesarios para prevenir sucesos trágicos, en especial los que atañen a las comunidades localizadas en la parte baja de la cuenca, la cual fue determinada como de alta vulnerabilidad ante inundaciones.

## **BIBLIOGRAFIA:**

**ALVARADO, Constela, L.**

**1987 El proceso de urbanización en Guatemala.** CEUR – USAC.  
Guatemala.

**American Geological Institute** (1984). Dictionary of Geological Terms.  
Tercera Edición. Anchor Press/Doubleday. New York, USA.

**Arc View GIS, 1996,** Environmental Systems Research Institute (ESRI)  
Inc., California, USA.

**ARNAULD, Marie Charlotte**

**1986 Archéologie de l'habitat en Alta Verapaz Guatemala.** CEMCA,  
Coll. Etudes Mésoaméricaines, Serie I., Vol. 10. México.

**ARROYO, Barbara**

**1992 Informe Final Proyecto Tecojate.** Entregado al IDAEH.

**1998 Informe Final Proyecto Zapotitlán,** Entregado al IDAEH.

**ASHMORE, Wendy**

**1981 Some issues of method and theory.** En LOWLAND MAYA  
SETTLEMENT PATTERN, ed. W. Ashmore, pp.38, University of New  
Mexico Press, Albuquerque.

**ASIES** (1992): *Memoria de Labores.* Guatemala.

**Asociación de Investigaciones Económicas y Sociales (ASIES).**

**1992** Monografía ambiental, región metropolitana, departamento de  
Guatemala.

**BORHEGYI, Stephan.**

**1950 Estudio Arqueológico en la Falda Norte del Volcán de Agua.**  
Revista de Antropología e Historia, Vol. II, No. 1. Guatemala.

**1965 Archaeological Synthesis of the Guatemala Highlands.** En Willey  
Gordon, Archaeology of Southern Mesoamerica (Handbook of  
middle American Indians, Vol. 2. University of Texas Press, Austin.

**BOVE, Frederick**

**1989 Reporte Preliminar de las investigaciones en las regiones de Tiquisate y La Gomera/Sipacate, Costa Sur de Guatemala.** En Investigaciones Arqueológicas En La Costa Sur de Guatemala. Editores Savid S. Whitley y Marilyn Beaudry. Monografía 31. Institute of Archaeology University of California, Los Angeles.

**BROWN, Kenneth L.**

**1977 The Valley Of Guatemala: A Highland Port Of Trade** En Teotihuacan And Kaminaljuyu: A Study In Prehistoric Culture Contact. Editores: W. T. Sanders y J. Michels. The Pennsylvania State University press monograph Series on Kaminaljuyu.

**BRONSON, Richard y Mario FLORES**

**1993 Atlas Arqueológico de la Cuenca del Rio Dulce/Lago de Izabal.** Proyecto Arqueológico Izabal, Shell Exploradora y Productora Guatemala, B.V. y Fundación La Ruta Maya, Guatemala.

**1992 Condiciones de vida y tenencias de la tierra en asentamientos precarios de la ciudad de Guatemala.** CEUR – USAC. Guatemala.

**Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR - USAC).**

**1987 Las condiciones de vida en los asentamientos populares urbanos.** Informe final del seminario, Guatemala.

**CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS**

**1989 LEY DE AREAS PROTEGIDAS Y SU REGLAMENTO.** DECRETO 4-89.

**DENGO, Gabriel** (1978). Marco Tectónico de la Región del Caribe. Memorias del Simposio Internacional sobre el Terremoto de Guatemala, del 4 de febrero de 1976 y el Proceso de Reconstrucción. Guatemala,

**DENGO, Carlos** (1978). Características Friccionales de la Zona de la Falla del Motagua en Guatemala. Memorias del Simposio Internacional sobre el Terremoto de Guatemala, del 4 de febrero de 1976 y el Proceso de Reconstrucción. Guatemala,

**FUENTE MOHR, F. Et.al.**

**1993** Caracterización de las áreas precarias en la ciudad de Guatemala. UNICEF, SEGEPLAN, CRITERIO. Guatemala.

**GALL, F.**

**Diccionario Geográfico de Guatemala.**

Instituto Geográfico Nacional (IGN). CD Rom. Guatemala.

**GARNICA Marlen, Patrice FARRELL y Dorothy DULUTH**

**1998** El Preclásico en Urias: Adaptación Cultural y Ambiental en el Valle de Antigua, Guatemala. Informe del Proyecto Arqueológico del Área Kakchikel.

**HATCH, Marion.**

**1987 "Proyecto Tiquisate". Recientes Investigaciones Arqueológicas en la Costa Sur de Guatemala. USAC. Guatemala.**

**1989 Observaciones sobre el desarrollo cultural prehistórico en la Costa Sur de Guatemala.** En Investigaciones Arqueológicas En La Costa Sur de Guatemala. Editores Savid S. Whitley y Marilyn Beaudry. Monografía 31. Institute of Archaeology University of California, Los Angeles.

**HIDALGO, Antonio.**

**1993 Análisis de la leyenda fisiográfica y clases agrológicas del Municipio de Sacapulas en el Departamento del Quiché.** Facultad de Agronomía, USAC, Guatemala.

**Instituto Particular Mixto de Formación Integral.**

**1996** Monografía del municipio de Villa Canales. Guatemala.

**Integrated Land and Water Information System (ILWIS), 1997,** Applications Guide, ILWIS Department, International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciences, Enschede, The Netherlands.

**Ligorria, J.P.** (1,995). Some aspects of seismic Hazard Assessment in Guatemala. Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, Norway

**MARTINEZ LOPEZ, J. F. (compilador)**

**1999 Lecturas sobre población, vulnerabilidad y riesgo.** CEUR – USAC. Guatemala.

**MARTINEZ LOPEZ, J. F. y MORAN MERIDA, A.,**

**1994 Asentamientos precarios y privatización. Derechos de vida de FEGUA en la ciudad de Guatemala.** CEUR – USAC. Boletín No. 26.

**1984 La tierra urbana y la sobrevivencia de los pobres en la ciudad.** CEUR – USAC. Guatemala.

**MICHELS, Joseph**

**1979 The Kaminaljuyu Chiefdom** The Pennsylvania State University.

**MORAN CORZO, M.**

**1999 Perfil ocupacional y pobreza de los habitantes de los asentamientos precarios en la ciudad de Guatemala.** Tesis Licenciatura en Sociología. Escuela de Ciencia Política, USAC. Guatemala.

**MORAN MERIDA, A.**

**1998 Área metropolitana de la ciudad de Guatemala : a propósito del proyecto de ley de creación del distrito metropolitano.** CEUR – USAC. Boletín No. 37. Guatemala.

**MURDY, Carson N.**

**1985 La población prehispánica y sus adaptaciones agrícolas en la zona de San Miguel Petapa, Guatemala.** En Mesoamérica Vol. 10. Guatemala.

**QUEZADA, F.**

**1984 Invasiones de terrenos en la ciudad de Guatemala.** CEUR – USAC. Guatemala.

**ROBINSON, Eugenia.**

**1990 Reconocimiento de los Municipios de Alotenango y Sumpango, Sacatepequez.** Informe Final del Proyecto Encuesta Arqueológica Kaqchikel. CIRMA. La Antigua Guatemala.

**1994 Reporte Preliminar del Proyecto Kaqchikel:** Area de las faldas del Volcán de Agua entre Ciudad Vieja y San Miguel Escobar. CIRMA La Antigua Guatemala.

**RODAS MALTEZ, F.**

**1996 Producción de suelo habitacional y de los servicios básicos en la periferia metropolitana de la ciudad de Guatemala:** estudio de los municipios de Mixco, Santa Catarina Pinula y San José Pinula. CEUR – USAC. Guatemala.

**SANDERS W. T Y Carson MURDY**

**1982 Cultural Evolution and Ecological Succession in the Valley of Guatemala: 1500 B.C. - A.D. 1524.** En Maya Subsistence. Editado por K.V. Flanery. Hew York Academic Press

**Tomas de terrenos en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala (1,991 – 1,998)**

**1999** CEUR – USAC. Boletín No. 39. Guatemala.

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR** (1,987). *Perfil Ambiental de la República de Guatemala*. Tomos II y III. Instituto de Ciencias Ambientales y Tecnología Agrícola (ICATA). Guatemala

**WILLEY, G., T. P. CULBERT Y R.E.W. ADAMS.**

**1966** *Maya Lowland Ceramic: A Report from the 1965 Guatemala City Conference*. *American Antiquity*, No.32, pp. 289-315.

**World Meteorological Organization, 1999**, *Comprehensive Risk Assessment for Natural Hazards*, TD No. 955.

**ANEXO**  
**FOTOGRAFICO**