

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades.
Maestría en Ingeniería Estructural.

1966

“Análisis preliminar de la amenaza sísmica sobre el Proyecto hidroeléctrico La Tinta”

Erik Flores Aldana

Trabajo de graduación presentado para optar al
Grado Académico de Maestría en Ingeniería Estructural

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

GUATEMALA

2,001

**Análisis preliminar de la
amenaza sísmica sobre el
proyecto hidroeléctrico La
Tinta**

Aprobado:



Ing. Milton Matus Izaguirre.
Asesor

Tribunal Examinador:



Ing. Franklin Matzderf.



Ing. Milton Matus.



Ing. Margarita Jerez.

Fecha de aprobación: 18 de octubre de 2,001.

PREFACIO

La tendencia actual de los códigos de diseño sismorresistente es clasificar las obras civiles en cinco categorías, de acuerdo al impacto socioeconómico que implica el colapso o el cese de funcionamiento de dicha obra; en la norma de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural (conocida por sus siglas AGIES) aparecen en la siguiente forma:

- <<Obras críticas. Son aquellas indispensables para el desenvolvimiento socio-económico de grandes sectores de la población. También son aquellas que en caso de colapso ponen en grave peligro a un gran número de personas. Ejemplo de obras críticas son grandes centrales energéticas, presas de gran tamaño y puentes.
- Obras esenciales. Son aquellas que deben permanecer operantes durante y después de un desastre o evento natural adverso. Pertenecen a esta categoría: hospitales con instalaciones de emergencia, instalaciones de defensa civil, instalaciones de bomberos, cuarteles de policía, instalaciones asociadas con la atención de desastres, plantas de energía y comunicaciones, instalaciones de captación y tratamiento de aguas, líneas troncales de transmisión eléctrica, líneas de abastecimiento de aguas y puentes sobre carreteras de primer orden.
- Obras importantes. Son aquellas que albergan o pueden afectar a gran número de personas, aquellas donde los ocupantes estén restringidos a desplazarse y donde se prestan servicios importantes (pero no esenciales después de un desastre) a gran número de personas o entidades, obras que albergan valores culturales reconocidos o equipo de alto costo.
- Obras ordinarias. Son aquellas que no responden a las definiciones de los incisos anteriores.
- Obras utilitarias. Aquellas obras que albergan personas de manera incidental, y que no tienen instalaciones de estar, de trabajo o habitables; obras auxiliares de infraestructura.>>

La obra tratada en la presente investigación es una presa, por lo que se clasifica como crítica; lo cual conlleva un nivel de protección E. Esto quiere decir que el sismo de diseño debe ser establecido con base en estudios detallados de sismicidad; es decir, estudio de amenaza sísmica.

CONTENIDO

	Página.
PREFACIO	iv
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE GRAFICAS	x
RESUMEN	xiv
HIPOTESIS	xv
Capítulos	
I. INTRODUCCION	1
II. FUENTES SISMICAS	3
A. Descripción general	3
B. La zona de falla del Motagua	3
C. La zona de subducción	9
D. La zona de falla de Chixoy-Polochic	11
E. Catálogo sísmico	13
F. Relaciones de Gutenberg-Richter	14
III. ASPECTOS GEOLOGICOS	16
A. Trincheras de investigación	16
B. Estratigrafía	17
C. Geología estructural	19
D. Perforaciones realizadas	21
E. Descripción de las perforaciones	23
IV. MODELOS DE RECURRENCIA	26
A. Modelo de Poisson	26
B. Mecanismos de la fuente sísmica	27
C. Magnitud máxima probable	28
D. Análisis probabilístico	32
V. ESTIMACION DE LA AMENAZA SISMICA	35
A. Relaciones de atenuación	35

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Catálogo sísmico	54
2. Sismos con $M > 6.0$	61
3. Sismos con $5.0 < M < 6.0$	62
4. Sismos con $4.0 < M < 5.0$	63
5. Sismos con $3.0 < M < 4.0$	69
6. Distancia entre los sismos y el sitio de la presa	71
7. Asignación de eventos a fuentes sísmicas	74
8. Relación Gutenberg-Richter para la fuente Chixoy-Polochic	79
9. Relación Gutenberg-Richter para la fuente Motagua	80
10. Relación Gutenberg-Richter para la Cadena volcánica	81
11. Determinación de la magnitud en base al desplazamiento de la falla	29
12. Determinación del desplazamiento en base a la longitud de la falla	29
13. Determinación de la magnitud en base a la longitud de la falla	30
14. Determinación de la magnitud en base a la longitud y desplazamiento de la falla	30
15. Probabilidad de excedencia para magnitudes m_b Falla de Chixoy-Polochic, ecuación CEPREDENAC	42
16. Probabilidad de excedencia para magnitudes M_s Falla de Chixoy-Polochic, ecuación CEPREDENAC	42

Tabla	Página
17. Probabilidad de excedencia para magnitudes de Momento. Falla de Chixoy-Polochic ecuación CEPREDENAC	43
18. Probabilidad de excedencia del LN de la aceleración pico del suelo. Falla de Chixoy-Polochic. Ecuación de CEPREDENAC	43
19. Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo. Falla de Chixoy-Polochic. Ecuación de CEPREDENAC	44
20. Probabilidad de excedencia para magnitudes mb Falla del Motagua, ecuación CEPREDENAC	44
21. Probabilidad de excedencia para magnitudes Ms Falla del Motagua, ecuación CEPREDENAC	45
22. Probabilidad de excedencia para magnitudes de Momento. Falla del Motagua. ecuación CEPREDENAC	45
23. Probabilidad de excedencia del LN de la aceleración pico del suelo. Falla del Motagua. Ecuación de CEPREDENAC	46
24. Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo. Falla del Motagua. Ecuación de CEPREDENAC	46
25. Probabilidad de excedencia para magnitudes mb Falla de Chixoy-Polochic, ecuación de Castillo	47
26. Probabilidad de excedencia del LN de la aceleración pico del suelo. Falla de Chixoy-Polochic. Ecuación de Castillo	47
27. Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo. Falla de Chixoy-Polochic. Ecuación de Castillo	48

Tabla	Página
28. Probabilidad de excedencia para magnitudes mb Falla del Motagua, ecuación de Castillo	48
29. Probabilidad de excedencia del LN de la aceleración pico del suelo. Falla del Motagua. Ecuación de Castillo	49
30. Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo. Falla del Motagua. Ecuación de Castillo	49

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración.	Página
1. Sismos con magnitud $M_b=3.2$	82
2. Sismos con magnitud $M_b=3.4$	83
3. Sismos con magnitud $M_b=3.5$	84
4. Sismos con magnitud $M_b=3.6$	85
5. Sismos con magnitud $M_b=3.7$	86
6. Sismos con magnitud $M_b=3.8$	87
7. Sismos con magnitud $M_b=3.9$	88
8. Sismos con magnitud $M_b=4.0$	89
9. Sismos con magnitud $M_b=4.1$	90
10. Sismos con magnitud $M_b=4.2$	91
11. Sismos con magnitud $M_b=4.3$	92
12. Sismos con magnitud $M_b=4.4$	93
13. Sismos con magnitud $M_b=4.5$	94
14. Sismos con magnitud $M_b=4.6$	95
15. Sismos con magnitud $M_b=4.7$	96
16. Sismos con magnitud $M_b=4.8$	97
17. Sismos con magnitud $M_b=4.9$	98
18. Sismos con magnitud $M_b=5.0$	99
19. Sismos con magnitud $M_b=5.1$	100
20. Sismos con magnitud $M_b=5.2$	101
21. Sismos con magnitud $M_b=5.3$	102
22. Sismos con magnitud $M_b=5.4$	103
23. Sismos con magnitud $M_b=5.5$	104
24. Sismos con magnitud $M_b=5.6$	105
25. Sismos con magnitud $M_b=5.8$	106
26. Sismos con magnitud $M_b=6.2$	107
27. Sismos con magnitud $M_b=6.4$	108
28. Sismos con magnitud $M_b=6.6$	109

Ilustración.	Página
29. Sismos con magnitud $M_b=6.7$	110
30. Sismos con magnitud $M_b=7.5$	111
31. Relación Gutenberg-Richter para la fuente Chixoy-Polochic	112
32. Relación Gutenberg-Richter para la fuente Motagua	113
33. Relación de Gutenberg-Richter para la Fuente cadena volcánica.	114
34. Columna estratigráfica generalizada	115
35. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, $t=10$ años. Relación de CEPREDENAC	116
36. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, $t=25$ años. Relación de CEPREDENAC	117
37. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, $t=50$ años. Relación de CEPREDENAC	118
38. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, $t=100$ años. Relación de CEPREDENAC	119
39. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, $t=200$ años. Relación de CEPREDENAC	120
40. Probabilidad de excedencia falla Motagua, $t=10$ años. Relación de CEPREDENAC	121
41. Probabilidad de excedencia falla Motagua, $t=25$ años. Relación de CEPREDENAC	122

Ilustración.	Página
42. Probabilidad de excedencia falla Motagua, t=50 años. Relación de CEPREDENAC	123
43. Probabilidad de excedencia falla Motagua, t=100 años. Relación de CEPREDENAC	124
44. Probabilidad de excedencia falla Motagua, t=200 años. Relación de CEPREDENAC	125
45. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, t=10 años. Relación de Castillo.	126
46. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, t=25 años. Relación de Castillo.	127
47. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, t=50 años. Relación de Castillo.	128
48. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, t=100 años. Relación de Castillo.	129
49. Probabilidad de excedencia falla Chixoy-Polochic, t=200 años. Relación de Castillo.	130
50. Probabilidad de excedencia falla Motagua, t=25 años. Relación de Castillo.	131
51. Probabilidad de excedencia falla Motagua, t=50 años. Relación de Castillo.	132

Ilustración.	Página
52. Probabilidad de excedencia falla Motagua, $t=100$ años. Relación de Castillo.	133
53. Probabilidad de excedencia falla Motagua, $t=200$ años. Relación de Castillo.	134
54. Mapa geológico del área bajo estudio	135

RESUMEN

El análisis de riesgo sísmico involucra el conocimiento de la amenaza sísmica y la vulnerabilidad de los sistemas estructurales. La amenaza sísmica es una característica de determinada región geográfica, que por su ubicación geotectónica es susceptible de ser afectada por eventos sísmicos. La vulnerabilidad es un parámetro que el diseñador puede modificar según el sistema estructural que utilice; es decir, son las consecuencias esperadas de un evento sísmico; dichas consecuencias pueden ser pérdidas de vidas, pérdidas económicas, pérdidas en funcionalidad de una estructura e impacto socioeconómico para la región afectada.

En este trabajo se realiza una evaluación de la amenaza sísmica para un proyecto hidroeléctrico ubicado en las coordenadas N 15.279 W 89.896. La metodología utilizada en dicha evaluación puede ser dividida en cuatro pasos:

1. Modelado de las fuentes sísmicas. Basado en evidencia geológica, historia de sismicidad. Las fuentes sísmicas pueden ser modeladas como puntuales, lineales y de área.
2. Información sísmica. La actividad sísmica de cada fuente modelada es determinada con base en catálogos. Luego se determina la relación de recurrencia de la fuente.
3. Pronóstico de recurrencia. Se asume un proceso homogéneo de Poisson para las ocurrencias sísmicas.
4. Atenuación al sitio. Es la relación entre un parámetro de interés en el sitio, la magnitud del evento y la distancia al sitio del epicentro.

Finalmente, los resultados se presentan en la forma de una serie de gráficas que relacionan la aceleración pico del suelo con su probabilidad de excedencia, para distintos períodos de diseño.

HIPOTESIS

En la actual bibliografía de amenaza sísmica es usual encontrar una gran cantidad de metodologías de análisis, no todas ellas claramente definidas, las cuales se pueden agrupar en: método probabilístico y método determinístico. El primero basa el análisis de la amenaza sísmica en el cálculo de probabilidades de ocurrencia con base en la actividad de las fuentes sísmicas, mientras el segundo proporciona la aceleración del terreno ocasionada por el máximo evento que puede ocurrir en determinada falla.

En este trabajo se presenta detalladamente la metodología a seguir para el análisis de amenaza sísmica sobre un sitio específico, obteniendo al final un parámetro que puede ser utilizado directamente en el diseño.

I. INTRODUCCION

Debido a la falta de certeza en cuanto a la cantidad, tamaño y localización de futuros eventos sísmicos, es apropiado que los ingenieros expresen el riesgo sísmico, al igual que los vientos y crecidas, en términos de período de retorno.

El ingeniero responsable del diseño sísmico del proyecto debe realizar un balance fundamental entre el costo de una alta resistencia y el riesgo de pérdidas económicas, en otras palabras, una evaluación costo-beneficio. Debe estudiarse el comportamiento del sistema estructural bajo la acción de sismos moderados y sismos severos.

Se debe tener acceso a toda la información pertinente y el juicio profesional de los expertos en sismología y geología en la forma más adecuada para emitir una opinión sabia. Aun números claramente definidos y simples tales como Intensidad Modificada de Mercalli versus período de retorno o intensidad máxima probable o máxima creíble son insuficientes para dar al ingeniero un entendimiento de qué tan rápido decrece el riesgo conforme disminuye el movimiento del suelo.

Desafortunadamente no ha sido cuestión de la amenaza del sitio en dichos términos. Deben sintetizarse los datos históricos, obtener información geológica del sitio; la localización y actividad de las diversas fuentes sísmicas pueden ser de muchas clases y no necesariamente bien conocidas o determinadas. En algunas regiones, por ejemplo, no es posible correlacionar la actividad pasada con la estructura geológica conocida.

Los sismólogos han reconocido desde hace mucho tiempo la necesidad de proveer al ingeniero con sus mejores estimaciones de amenaza sísmica. Se han desarrollado numerosos mapas de zonificación sísmica, tales como los de UBC, los de macrozonificación de AGIES. Dejando de lado el carácter probabilístico, estos mapas indican la forma en que el nivel de intensidad debe ser interpretado para cada región o zona. Más recientemente, dichos valores han sido asociados con períodos de retorno específicos. De cualquier forma, más información es necesaria para definir una relación entre un rango continuo de períodos de retorno e intensidades. Otros intentos han sido realizados para proveer esta información a niveles regionales. Estos acercamientos, los cuales son usualmente grandes estudios numéricos basados directamente en datos históricos, tienen dificultad en darle el valor apropiado a la correlación entre la estructura geológica conocida y la actividad sísmica.

En el presente trabajo se realiza un estudio de amenaza sísmica para un proyecto hidroeléctrico, ubicado en las coordenadas N 15.279 W 89.896. La metodología para el análisis de amenaza sísmica puede ser dividida en cuatro pasos:

- 1 Modelado de las fuente sísmicas. Basado en evidencia geológica, geotectónica, historia de sismicidad, las fuentes sísmicas son identificadas y modeladas como puntual, lineal y de área. Este primer paso involucra el adecuado modelamiento geométrico del marco geotectónico.
- 2 Información sísmica. La actividad sísmica de cada una de las fuentes anteriormente modeladas es determinada con base en catálogos sísmicos. Luego se determina la relación de recurrencia, la cual tiene comúnmente una forma log-lineal:
Donde, $N(m)$ es el número de eventos sobre determinada magnitud y alfa y beta son constantes de regresión lineal.

$$\ln N(m) = \alpha + \beta m$$

- 3 Pronóstico de recurrencia. La mayoría de los programas disponibles asumen un proceso homogéneo de Poisson para las ocurrencias sísmicas.
- 4 Información de atenuación para el sitio. Muchas relaciones de atenuación o funciones de transferencia están disponibles, las cuales relacionan la respuesta del suelo en el sitio con la magnitud del evento, características del suelo en la ruta de las ondas sísmicas, distancia a la fuente.

Al utilizar los cuatro pasos anteriores, las características del movimiento del suelo en el sitio pueden ser estimadas. La información puede presentarse de cualquiera de las siguientes maneras:

1. Parámetro de aceleración pico del suelo.
2. Espectro de respuesta.
3. Historia en el tiempo para el sismo de diseño.

II. FUENTES SISMICAS

A. Descripción General

La república de Guatemala se localiza en una región sumamente compleja donde convergen tres placas tectónicas. El territorio de Guatemala se encuentra sobre las placas del Caribe y Norteamérica y una tercera placa, la de Cocos, sufre subducción debajo de la región sur del país.

El movimiento relativo entre las placas genera actividad sísmica a lo largo de las zonas de contacto. La tendencia aparente es a desgarrar la placa del Caribe y a comprimir la placa de Norteamérica.

En términos generales, las zonas de falla que afectan al país son la zona de falla del Motagua, la zona de subducción y la zona de falla del Chixoy-Polochic; las cuales se describen en detalle a continuación.

B. La zona de falla del Motagua.

1. Sísmicidad.

La sísmicidad de la zona comprendida entre las latitudes 13° a 18° Norte y longitudes 87° a 95° Oeste para el período 1902-1975 se muestra en la figura 1. La zona de la falla del Motagua es notable por la ausencia de sismos mayores desde 1902 (o antes) hasta el terremoto de febrero de 1976, y es un claro ejemplo de una discrepancia sísmica en las fronteras de las placas tectónicas del Caribe y Norte América. El epicentro del sismo mostrado cerca del extremo oeste de la falla del Motagua ($M_s=7.5$, 1921) tiene una profundidad focal de 120 km (Gutenberg and Richter, 1954) y por ello se le asocia con la zona de subducción, más que con la falla del Motagua. La extensión Este de la falla del Motagua ha sido sísmicamente activa durante este período. Está caracterizada por sismos superficiales, laterales izquierdos, del tipo deslizante. La máxima sísmicidad en esta figura ocurre en la zona entre latitudes 14° a 15° Norte y longitudes 91° a 94° Oeste, y sugiere que este complejo régimen tectónico está asociado con la triple unión entre las placas del Caribe, Norte América y Cocos.

Cinco secciones transversales a través de la zona sísmica de Centroamérica, para el período 1962-1972, se muestran en la figura 1. Esta muestra que la difusa sísmicidad de la figura 1 es altamente atribuible a la subducción de la placa de Cocos bajo la masa

continental. De los 1331 terremotos ocurridos durante el período 1902-1975, los 17 eventos con magnitudes M_s mayores a 7.0 aparentemente están asociados con la zona de subducción. La sismicidad de esas secciones transversales es más difusa que la de secciones transversales basadas en datos locales de alta calidad para arcos de islas.

Un vacío sísmico ha sido notado en la costa oeste de Centroamérica, entre las Longitudes 88° y 91° Oeste. Ahora que la falla del Motagua se ha roto, la posibilidad que sismos mayores puedan continuar merece un estudio especial. Al Sur de la falla del Motagua, la relajación en dirección Este de la placa del Caribe adicionada a una subducción local acelerada puede resultar en terremotos profundos que pueden llenar este vacío sísmico.

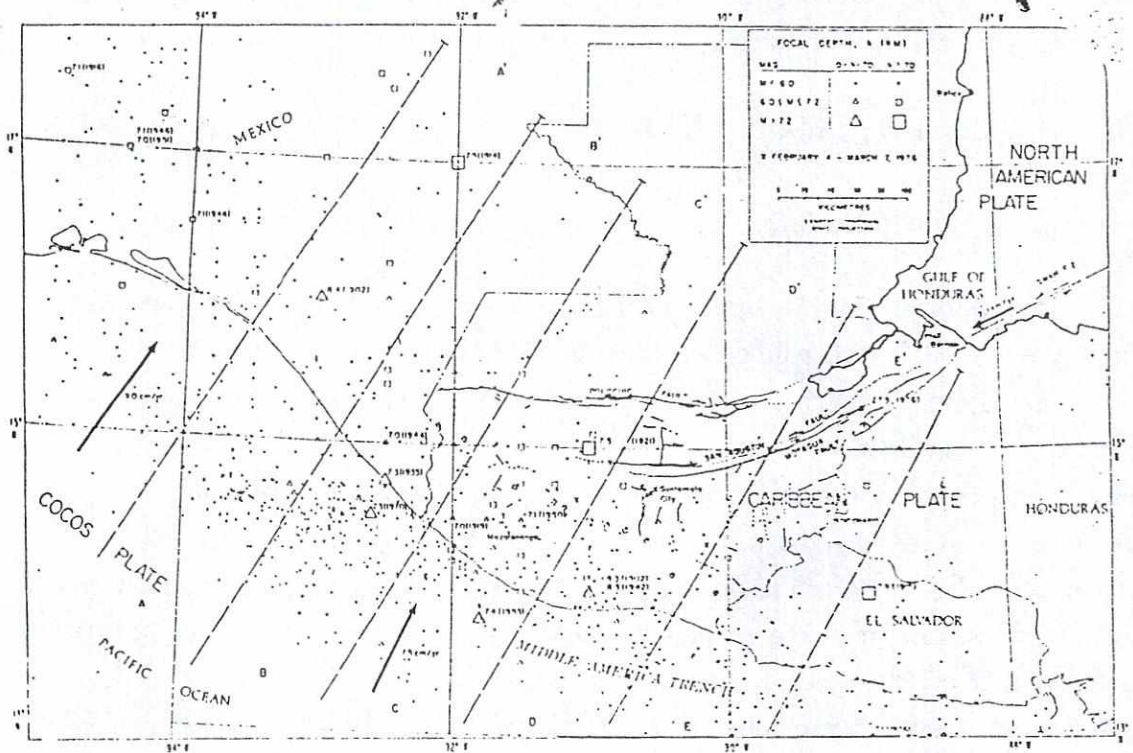


Figura No 1. Sismicidad de la región entre latitudes 13° - 18° N y longitudes 87° - 95° W. tomado de NOAA Hypocenter Data File.

2. Sismicidad histórica.

Son numerosos los recuentos históricos de grandes terremotos en Guatemala y datan del tiempo de la Conquista. Un terremoto particularmente destructivo ocurrió en 1541 cerca de Ciudad Vieja, causando la muerte de aproximadamente 150 españoles y al menos 600 indígenas. A raíz de este sismo, la ciudad fue trasladada al Valle de Panchoy, hoy Antigua Guatemala, convirtiéndose esta en la nueva capital de Guatemala. Antigua fue extensamente dañada por terremotos once veces entre 1565 y 1773. Antigua fue destruida en 1586, 1717, 1773, y 1874. Después del terremoto de 1773 la capital fue trasladada al valle de la Asunción, donde actualmente está localizada.

Antes de 1976, la ciudad de Guatemala experimentó terremotos en 1917-18, 1863 y 1862. El 25 de diciembre de 1917, un terremoto destruyó o dañó fuertemente cerca del 40% de las casas de la ciudad de Guatemala. Este terremoto fue seguido por grandes sismos el 29 de diciembre, enero 3 y 24 de 1918. De las series de sismos de 1917-18, el más dañino fue el del 3 de enero de 1918.

En la figura 1, se identifican con triángulos los sismos históricos cuyos epicentros han sido determinados instrumentalmente, y los mayores sismos recientes están identificados en las zonas de daño máximo como cuadrados. Una reciente serie de terremotos ocurrió en las cercanías de Mazatenango. El 23 de octubre de 1950 un terremoto de magnitud Ms 7.1 fue seguido, durante dos semanas, por seis réplicas de magnitudes Ms mayores a 6.0. El patrón de sismicidad histórica en Guatemala es similar al basado en estimaciones confiables de epicentros. Es notable la falta de sismos históricos de gran magnitud que están asociados a la falla del motagua.

A causa de los centros de población muy dispersos y la poca comunicación, los recuentos históricos de terremotos únicamente proveen aproximaciones para localizar los epicentros. Como un ejemplo, existen dos sismos de magnitud Ms=8.3 con epicentros en latitud 14° Norte y longitud 91° Oeste en 1902 y 1942. El primero de ellos destruyó Quetzaltenango y activó el volcán Santa María (Vassaux 1969). No existen datos disponibles, en fuentes convencionales, en las ciudades de Antigua, Comalapa o Mazatenango, las cuales están cercanas al epicentro. El terremoto de 1942 se ha descrito como "fuertemente sentido en la región central de Guatemala" (Bulletin of Seismological Society of America). El problema con sismos anteriores es muchas veces más severo.

De cualquier forma, basados en ambos, sismicidad histórica y registros modernos, podemos concluir que sismos mayores en la falla del Motagua ocurren raramente. A pesar de que el registro histórico es incompleto e impreciso, antes del evento principal del 4 de febrero de 1976, los terremotos más recientes que pudieron ocurrir en la falla del Motagua son los de abril de 1765 y 1773. El terremoto de 1765 destruyó muchas ciudades en el departamento de Chiquimula y está aproximadamente localizado en la falla del Motagua en la longitud 89.5° Oeste. El sismo del 29 de julio de 1773 fue precedido por numerosas premoniciones, a diferencia del sismo del 4 de febrero de 1976. Si bien el terremoto de 1773 destruyó Antigua, fue sentido más fuertemente en el Norte, en Chimaltenango y Quezaltenango. Este terremoto puede haber ocurrido en la parte Oeste de la falla del Motagua. El sismo moderado de enero de 1929 causó considerable daño a Puerto Barrios. Es razonable asociarlo con el extremo Este de la falla del Motagua. Un sismo moderado ocurrió al Oeste del evento del 10 de agosto de 1929, en 1945. Fue localizado en latitud 15.4° Norte y longitud 88.8° Oeste por el servicio geodésico y costero de Estados Unidos (USGS), y puede estar razonablemente asociado con la falla del Motagua. Este evento causó daño significativo en Quiriguá y fue sentido en los departamentos de Chiquimula, Zacapa y parte de Izabal.

Podemos concluir que el período de retorno para sismos mayores en la parte central y Oeste de la falla del Motagua es al menos de 200 años. La velocidad relativa promedio entre las placas del Caribe y Norte América es de 2.1 cm/año, lo cual implica que el máximo desplazamiento que puede ocurrir por un sismo mayor en la falla del Motagua es del orden de 4 metros. El terremoto del 4 de febrero de 1976 ha proporcionado un desplazamiento máximo de 1.5 metros.

3. Historia tectónica de la frontera entre las Placas del Caribe y Norte América.

La placa del Caribe ha existido por aproximadamente 50 millones de años. La frontera entre las placas de Norte América y la del Caribe entre la Española (Cuba) y Guatemala está constituida por dos zonas de fractura: la zona de fractura Oriente y la zona de fractura del Cisne, al Oeste.

Centradas con la elevación del Caymán, una serie de simétricamente espaciadas cordilleras con tendencias Norte-Sur han sido localizadas en un rango de 150km al Este y Oeste. Esta evidencia de desarrollo Este-Oeste concluyentemente soporta la ocurrencia del extenso desplazamiento lateral izquierdo en la frontera entre las placas de Norte América y del Caribe.

Desde un marco referencial absoluto placa-velocidad, se infiere que la placa del Caribe es aproximadamente estacionaria. Por lo tanto, la placa de Norte América se está moviendo en dirección Oeste respecto de la porción media de la placa del Caribe y está sobre la placa de cocos. El desplazamiento lateral izquierdo asociado con la frontera entre las placas del Caribe y Norte América persiste a través de Guatemala; siendo la falla del Motagua la extensión continental de esta frontera activa.

Este modelo ha sido dramáticamente confirmado por la ocurrencia del terremoto de 1976 en Guatemala. Antes de esto, la falta de evidencia del desplazamiento lateral izquierdo de la falla del Motagua y la hipótesis de apertura del golfo de Honduras, ponían en duda el carácter de movimiento nor-oeste de la placa del Caribe.

4. La triple conjunción de placas:Caribe-Cocos-Norte América.

A pesar que la porción Este de la falla del Motagua es aproximadamente lineal y paralela a la dirección local del movimiento relativo entre placas, esta falla empieza a curvarse, cóncava hacia el norte, en aproximadamente la longitud 89.5° Oeste. Este cambio en la dirección de la falla puede ser debido al complejo estado de esfuerzos asociado a la triple conjunción de placas. El extremo Oeste de la placa del Caribe, al Oeste de la longitud 89.5° W, entre la falla del motagua y los segmentos volcánicos está caracterizado por fallas de transcurrencia Norte-Sur y una difusa zona de volcanismo.

Aunque la ruptura provocada por el evento principal siguió la curva de la falla del motagua, pocas (o tal vez ninguna) de las réplicas y ninguna de las extensas fallas secundarias ocurrieron al norte de la falla del Motagua. Se encontró que la ocurrencia de fallas activas secundarias estaba tan lejos como 30 km de la falla principal. Esta sorprendente característica de la distribución de réplicas y fallas secundarias es consistente con: (1) la tendencia de la falla del Motagua a desarrollarse paralela al movimiento relativo entre las placas de Norte América y del Caribe. (2) la relajación en dirección Este de la placa del Caribe, seguida por la ruptura primaria de la falla del Motagua.

La sismicidad al presente está concentrada en la zona entre latitudes 14° - 15° Norte y longitudes 91° - 94° Oeste, ocurriendo la mayoría de terremotos fuertes a profundidades entre superficiales e intermedias y en una zona menor delimitada por las latitudes 14° - 15° Norte y longitudes 91° - 92.5° Oeste. La extensión lineal de la falla del Motagua pasa a través de la concentración de sismos superficiales e intermedios ubicados en las longitudes 14° - 15° Norte y latitudes 91° - 92.5° Oeste.

Debido al movimiento relativo en dirección Oeste de la placa de Norte América, definitivamente debería existir la tendencia de la falla del Motagua a evolucionar en dirección Oeste. Esto resulta en una nueva tendencia Este-Oeste de la frontera entre las placas de Cocos y Norte América. Esta frontera está caracterizada por subducción de la placa de Cocos y transurrencia lateral izquierda de la placa de Norte América. El extremo Este de la triple conjunción Cocos-Caribe Norte América tiende a permanecer espacial y geoméricamente estable.

5. Terremotos futuros en la falla del Motagua.

Hasta abril de 1976, Guatemala ha experimentado fuertes réplicas (magnitudes entre 5 y 6). Con el objeto de anticipar la actividad futura de la falla del Motagua, podemos hacer una analogía con la sismicidad histórica de otras fallas de transurrencia. Las siguientes conclusiones son congruentes con la historia de fuertes sismos en la falla de San Andrés; y, por tanto, pueden ser válidos para fallas como la del Motagua:

a. Sismos fuertes, los cuales involucran cientos de kilómetros de ruptura, no tienden a recurrir en el mismo segmento de la falla de transurrencia en un corto período de tiempo. Esta conclusión se basa en los tres terremotos de Anatolia, comparables en tamaño con el de Guatemala de 1976; los cuales ocurrieron el 26 de diciembre de 1939, el 26 de noviembre de 1943 y el 1 de febrero de 1944, ninguno de ellos ha sido precedido por sismos de tamaño comparable en la misma sección de la falla. Asimismo, ni los grandes sismos de San Andrés del 9 de enero de 1857 y 18 de abril de 1906 fueron seguidos por otros de similar magnitud en la misma sección de la falla.

b. Grandes secciones de fallas de transurrencia que han sido rotas durante un sismo grande no producen réplicas de magnitud mayor a 5. Esta conclusión está basada en las características de las réplicas de los terremotos en Anatolia; y son congruentes con los reportes de réplicas del terremoto de San Andrés de 1906.

c. Estas réplicas moderadas que ocurren, tienden a concentrarse cerca de los extremos de la ruptura.

d. Regiones cercanas a los extremos de la zona de ruptura pueden seguir experimentando sismos moderados durante algunos años después del evento principal. Aparentemente la ocurrencia de grandes sismos no reduce significativamente el nivel de esfuerzo tectónico en las regiones cercanas a los

extremos de la zona de ruptura de la falla. De hecho, en teoría, la ocurrencia de sismos mayores produce altos esfuerzos tectónicos cerca de los extremos de la zona de ruptura.

Para Guatemala, las conclusiones anteriores implican que la mayor parte de la falla del Motagua será sísmicamente inactiva durante las siguientes décadas. Las regiones cercanas a los extremos de la falla, cerca de la ciudad de Guatemala y Puerto Barrios, pueden experimentar sismos severos (magnitudes entre 5 y 6) durante las próximas décadas.

También existe la posibilidad que la ocurrencia del evento principal provoque, en las próximas décadas, un sismo fuerte en el segmento de la falla del Motagua adyacente a la ruptura provocada el 4 de febrero. Esta migración de fuentes sísmicas en un período de varias décadas ha ocurrido en el norte de la falla de Anatolia y también en la falla de San Andrés.

C. La zona de subducción.

En términos generales, la placa subducida está dividida en tres grandes segmentos (Ver figura 2). El primero se localiza en las costas de Costa Rica, el segundo en las costas de Guatemala a Nicaragua y el tercero en las costas de México. De los tres segmentos, es el segundo el que tiene mejor definida su geometría. Se ha dividido dicho segmento en dos partes, IIA y IIB, las cuales tienen diferentes geometrías pero, se considera como uno sólo pues la placa parece ser continua entre ellos.

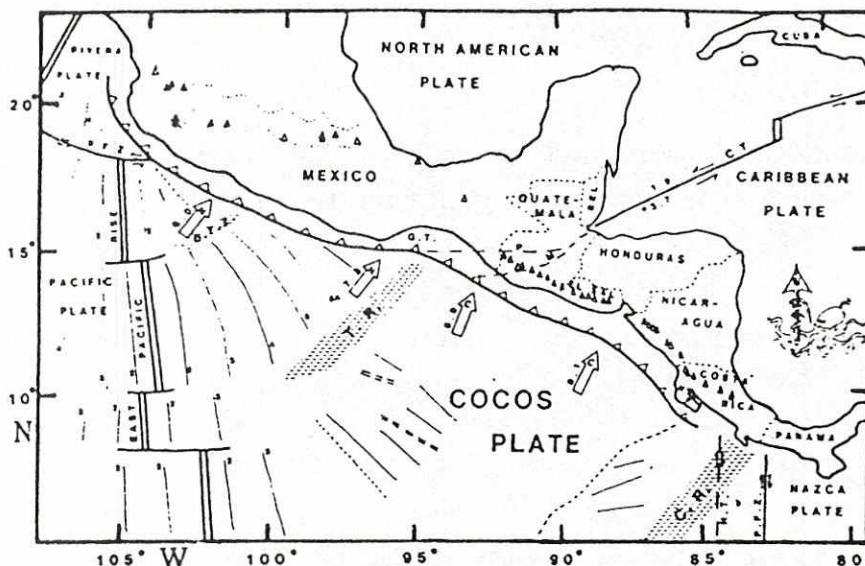


Figura 2. Marco tectónico de Centroamérica. Tomado de Burbach et al.

Donde la placa subducida se encuentra mejor definida es en el segmento II, ya que se desliza suavemente en la zona costera y luego cambia su ángulo en forma abrupta a 60° aproximadamente, a profundidades cercanas a los 60 km. El punto exacto donde ocurre este cambio de dirección no está claramente definido, debido a la falta de eventos sísmicos localizados en dicha región. De cualquier forma, los 60 km de profundidad observados no difieren significativamente de las profundidades observadas para puntos de inflexión en otras regiones.

La parte IIB del segmento 2 difiere en su geometría de la parte IIA, aunque no existe evidencia que indique que dichos segmentos están separados. La placa se encuentra bien definida hasta profundidades de 200 km.

El segmento I, al Sureste del segmento II se encuentra pobremente definido. Se distingue del segmento II por la ausencia de actividad a 70 km de la península de Nicoya. Al nor Oeste de la península de Nicoya, la placa subducida está bien definida hasta profundidades de 200 km o más, y al sur este de dicha península no existe actividad bajo los 70 km, esto sugiere que existe una separación en la placa subducida.

Existen relativamente pocos eventos al Noreste de la zona II, lo cual dificulta estimar la frontera entre los elementos II y III. En el segmento III no existen eventos con profundidades focales superiores a los 100 km, lo cual indica una subducción superficial, pero la actividad sísmica no se extiende lo suficiente en el continente para determinar el punto donde la placa se dobla más fuertemente.

1. Aspectos tectónicos.

Burkart (1983) mostró que el movimiento en la falla del Polochic hace 7 millones de años, probablemente fue el responsable de la pequeña desviación de la trinchera justo al Norte de la cordillera de Tehuantepec; así también, la mayor parte del movimiento entre las placas de Norteamérica y la del Caribe ha sido en la falla del motagua. El movimiento promedio relativo de dichas placas ha sido de 37mm/año. En otras palabras, la placa de Norteamérica se superpone a la zona de subducción, así el segmento III consiste un ajuste o transición en esta nueva trinchera.

Este modelo es consistente con la teoría que las placas subducidas se adhieren al manto y entonces, la geometría de la subducción está fuertemente controlada por el movimiento absoluto de las placas sobre ellas. El movimiento de la placa de Norteamérica es en dirección Oeste y hacia la trinchera, mientras que el movimiento absoluto de la placa del Caribe es más lento y ligeramente se está alejando de la trinchera. Si las placas

subducidas están adheridas al manto, la placa de Norteamérica se debería sobreponer a la zona de subducción y la placa del Caribe permanecería ligeramente estacionaria respecto de la zona de subducción.

D. La zona de falla de Chixoy Polochic.

El 4 de febrero de 1976 un terremoto de magnitud Mw 7.5 provocó la ruptura de aproximadamente 240 km de longitud de la falla del Motagua, dando como resultado la muerte de aproximadamente 23,000 personas. Recientemente se ha descubierto que un terremoto similar (magnitud 7.5 a 7.7) rompió la porción Oeste de la falla de Chixoy-Polochic el 22 de agosto de 1816. Este es el último de una larga secuencia de grandes sismos ocurridos en dichas fallas, que pueden ser consideradas las fronteras regionales de las placas Caribe y Norteamérica.

1. Sismicidad.

Un terremoto ocurrió en 1538, cerca de la ciudad de San Pedro Carchá. La magnitud es difícil de estimar debido a que el reporte de daños proviene de un solo sitio. De cualquier manera, el terremoto fue lo suficientemente grande para provocar que toda una villa de indígenas emigrara. Pudo ser el resultado de una ruptura mayor en la falla de Chixoy-Polochic, similar a la de 1785.

El primer período de calma de esta falla se considera entre 1560 a 1702. En 1560 la orden dominica ha establecido iglesias en la provincia de Verapaz en Cobán, San Cristóbal, Salamá y Cubulco. Fray Francisco Montero de Miranda, quien reportó el terremoto de 1538, preparó una descripción de la provincia para el rey de España en 1577. En ella establece que "... notables terremotos no suceden en esta región, y esos que ocurren no causan ninguna alarma." Esta declaración es importante porque demuestra que los terremotos de 1565, 1566 y 1575, que causaron daños en el Oeste de Guatemala y Chiapas, fueron generados lejos de la costa sur, en la zona de subducción.

De las trece provincias de Zacapa y El Progreso que sufrieron grandes daños durante el terremoto de 1976, no se encuentra ninguna referencia de terremotos ocurridos en el Siglo XVI y en el Siglo XVII (Feldeman 1982).

La distribución de la población española, y por tanto la posible fuente de reportes, es poco densa y muy esparcida antes de 1700, pero la total ausencia de reportes de terremotos indica que no existieron sismos grandes entre 1560 y 1700.

Grandes terremotos se volvieron comunes después del inicio del Siglo XVIII. Daños reportados entre moderados y fuertes (magnitudes 5 a 7) se encuentran en los terremotos de 1702, 1703, 1713, 1714, 1733, 1741, 1743, 1750, 1765, 1786, 1795, 1798, 1817, 1820, 1821. Los terremotos de 1733 y 1765 causaron daño en Chiquimula. En 1733 las mayores intensidades ocurrieron entre Jocotán y Quezaltepeque, pero en 1765 se centró en la ciudad de Chiquimula. Las magnitudes MI de ambos terremotos se han estimado, con base en los daños causados a iglesias, son entre 6.7 y 7.2.

Reportes de daño del terremoto de 1785 indican una intensidad MM VIII entre el Oeste de Baja Verapaz y el Este del lago de Izabal, en la parte Este de la falla Chixoy-Polochic. La parte Este de la ruptura se debió encontrar entre el Castillo de San Felipe y Omoa. Utilizando una longitud de ruptura entre 175 y 220 kilometros, la magnitud MI del terremoto de 1785 se estima entre 7.3 y 7.5.

El sismo que se cree rompió la parte oeste de la falla Chixoy -Polochic es el de 1816; el mayor de los reportados en esta zona de Guatemala. El daño ocurrió en lugares tan lejanos como San Cristóbal Las Casas, en la parte central de Chiapas. El evento principal se estima de una intensidad MM VII en San Cristóbal Las Casas y las réplicas, no reportadas en Guatemala, causaron daños en este lugar. La longitud de falla que se rompió se estima en 240 km, equivalente a la longitud de la falla de Motagua en 1976. El área de intensidad MM VII en 1816 es considerablemente mayor que la del terremoto de 1976, lo cual sugiere una magnitud MI entre 7.5 y 7.7.

Durante el Siglo XVIII, la evidencia de una completa ausencia de terremotos después de 1821 es muy buena. Para 1840 los jesuitas estaban operando un observatorio y reportando los eventos, y los periódicos principiaron a publicarse en forma regular. Para 1854 el gobierno principió un observatorio y a reportar eventos. En 1926 un sismógrafo Weicherts de 3 componentes fue instalado en el observatorio en la ciudad de Guatemala principiando una grabación continua. Entre 1926 y 1945 se encontró evidencia de un único evento significativo, el 20 de enero de 1930, cuya magnitud estimada en el sismograma se calcula MI 4 a 5. En conclusión, no existieron eventos que pudieran causar daño ($M > 6$) entre 1821 y 1945.

Los terremotos del segundo período de actividad iniciaron con el de Quiriguá el 10 de agosto de 1945, indudablemente producido por un movimiento de la falla del Motagua. De la lectura del sismograma ubicado en el observatorio en la ciudad de Guatemala, se pudo estimar una magnitud MI 5.5. El 20 de febrero de 1959 ocurrió un terremoto de magnitud Ms 6.4 y causó fuerte daño a plantaciones en El Quiché y Alta Verapaz.

Para la falla de Chixoy-Polochic se puede hacer una gruesa estimación de la tasa de desplazamiento si se asume que el terremoto de 1538 es parte de un estado activo inicial que finalizó cerca de 1560. Si el desplazamiento por evento se toma entre 1.4 a 3.4 metros, como en la falla del Motagua 1976, y el intervalo de actividad entre 225 y 247 años, esto nos da una tasa histórica de 1.0+/- 0.5 cm/año.

E. Catálogo sísmico

Los datos sísmicos fueron recolectados para una región que se extiende desde las latitudes N12.5 a N19,5 y W 86.5 a W 93.5. Estas fronteras se escogieron debido a que se encuentran en al menos un grado (de latitud o longitud) fuera de las fronteras de Guatemala. La fuente de información utilizada fue el catálogo sísmico de CNSS y el periodo de filtrado abarca desde 1898 hasta en año 2001; de ello se obtuvieron 3450 datos. No se incluyeron sismos con magnitudes menores a 3.0

Previo a la asignación de los distintos eventos sísmicos a sus respectivas fuentes, se realizó un filtrado inicial del catálogo, el cual consistió en eliminar todos los sismos ocurridos en latitudes N14.2 o menores y en longitudes W91.5 o mayores y longitudes W88 o menores; los cuales corresponden a sismos ocurridos en la Costa Sur de Chiapas y Honduras, respectivamente. Luego de este filtrado, el catálogo se redujo a 359 eventos. Ver Tabla No 1.

Posteriormente se realizó un ordenamiento de eventos de acuerdo a los siguientes rangos de magnitud:

- Sismos con magnitudes mayores de 6.0: 5 eventos. Tabla No2.
- Sismos con magnitudes mayores de 5 y menores de 6: 48 eventos. Tabla No 3.
- Sismos con magnitudes mayores de 4 y menores de 5: 251 eventos. Tabla No 4.
- Sismos con magnitudes mayores de 3 y menores de 4: 55 eventos. Tabla No 5.

En la tabla No 6 se presenta un ordenamiento de los eventos respecto de su distancia al sitio de la presa.

Con base en estos datos, se ubicaron los sismos; esto se presenta en las gráficas No 1 No 30, las cuales muestran las ubicaciones de los sismos desde magnitud Mb=3.2 a Mb=7.5

F. Relaciones Gutenberg-Richter

Mediante un conjunto apropiado de datos, tal como los utilizados para preparar mapas de sismicidad, pueden hacerse varios estudios de probabilidad al utilizar métodos estadísticos estándar. Uno de los más valiosos consiste en estimar el mayor sismo probable que podría ocurrir cerca del sitio en estudio durante la vida útil de la estructura. Si, a su vez, la frecuencia de los sismos pequeños puede predecirse verazmente, es posible desarrollar un criterio racional de la carga sísmica si las aceleraciones del suelo relacionadas con tales magnitudes también pueden determinarse.

A continuación se presentan los métodos para estudiar las relaciones entre frecuencia y magnitud. Es importante hacer notar que la validez de los resultados están condicionados a la cantidad y calidad de los datos utilizados. Los datos científicos sobre sismos son escasos, los instrumentos precisos de medición son de invención reciente y las predicciones a largo plazo basadas en un corto período de tiempo tienen poca veracidad. No obstante, la combinación de estos estudios con la sismicidad histórica de la región pueden arrojar datos bastante precisos para el diseño.

1. Relaciones magnitud frecuencia

Diversos investigadores han realizado estudios detallados sobre la distribución de magnitudes en muchas áreas particulares tales como California, Nueva Zelanda, Japón, el Mediterráneo, La Unión Soviética, así como estudios generales del mundo entero. Los principales son los de Gutenberg y Richter, quienes dedujeron la existencia de una relación empírica entre magnitud y frecuencia de la forma

$$\text{Log}(N) = a - bM$$

Donde N es el número de sismos de magnitud M y mayor que M por unidad de tiempo; a y b son constantes sísmicas para la región bajo estudio; a varía significativamente entre varios estudios, mientras que b cambia entre 0.5 y 1.6 en varias regiones de la tierra. En la tabla siguiente aparecen los valores de a y b calculados por Kaila y Narain para varias regiones de la tierra, dichos valores están basados en datos de sismos superficiales registrados en 14 años. Es de hacer notar que estos datos únicamente pueden servir para realizar estimaciones iniciales pues, en casos como el nuestro, necesitamos un registro más extenso y diferenciar la procedencia de cada sismos registrado, es decir, asignarlos a sus fallas sísmicas.

Región	Frontera				<i>a</i>	<i>b</i>
Japón	26 N	40 N	132 E	150 E	6.86	1.22
Nueva Guinea	13 S	1 N	132 E	148 E	7.83	1.35
Nueva zelanda	48 S	37 S	164 E	180 E		1.04
Canadá, Oeste	47 N	65 N	142 E	115 W	5.05	1.09
EUA Oeste	25 N	47 N	135 W	105 W	5.94	1.14
EUA Este	25 N	47 N	105 W	51 W	5.79	1.38
América Central	10 N	25 N	120 W	85 W	7.36	1.45
Colombia-Perú	18 S	06 N	85 W	60 W	5.60	1.11
Chile, Norte	37 N	18 S	78 W	60 W	4.78	0.88
Chile, Sur	63 S	37 S	78 W	60 W	4.46	0.92
Mediterráneo	30 N	50 N	20 W	48 E	5.45	1.10
Irán-Turkmenia	15 N	42 N	48E	65 W	6.02	1.18
Java	13 S	05 S	90 E	118 E	5.37	0.94
Africa Este	40 S	30 N	20 E	48 E	3.80	0.87

La pendiente *b* de la línea de mínimos cuadrados tiene un significado sísmico muy importante. Un descenso de *b* en un período dado indica un incremento en la proporción de sismos grandes. Esto puede ser causado por un incremento relativo en la frecuencia de sismos grandes, o por una disminución relativa en la frecuencia de sismos pequeños. Algunos investigadores han encontrado que los períodos de máxima liberación de energía en la corteza terrestre han estado precedidos y acompañados por un descenso marcado de *b*. A partir de experimentos de compresión uniaxial en el laboratorio, Scholz encontró que la relación magnitud-frecuencia para microfisuras en una roca dada, está caracterizada por una disminución de *b* cuando el nivel de esfuerzo aumenta. Consecuentemente, las variaciones regionales de *b* pueden indicar variaciones en el nivel de esfuerzos de la corteza terrestre.

Con base en los registros de sismos obtenidos después del primer filtrado del catálogo se procedió a elaborar las relaciones de Gutenberg-Richter para cada fuente sísmica. Se identificaron las siguientes fuentes sísmicas: Chixoy-Polochic, Motagua, Arco volcánico, y subducción. Para cada una de estas fuentes, a excepción de la última, se graficaron (ver gráficas 31, 32 y 33) y calcularon las relaciones frecuencia magnitud anteriormente descritas (ver tablas 7, 8, 9 y 10).

III. ASPECTOS GEOLOGICOS

La ubicación del sitio de presa seleccionado se localiza aproximadamente a unos 4 Km. al SW de la aldea La Tinta y litológicamente se emplazará sobre rocas de la Formación Chochal, la que en esta área está constituida por rocas calizas en partes brechosas, y dolomias de grano fino bien fracturadas.

Además se debe confirmar el trazo de una posible falla sobre el eje del Río Matanzas, la cual corta perpendicularmente la estratificación que en esta zona tiene un rumbo Este-Oeste y con un buzamiento hacia el Norte, lo que vendría a constituir un rasgo desfavorable para el sitio de presa proyectado, ya que el curso del río tiene una dirección hacia el Norte, lo que hace que el mismo se enfrente a los planos de interestratificación, al aumentar así las posibilidades de filtración ya que el agua enfrenta a estos planos los cuales podrían actuar como zonas de permeabilidad.

A. Trincheras de investigación.

Con el fin de investigar si la falla se localiza aguas abajo del sitio de presa y en dirección del río, se planificó la ejecución de 3 trincheras de exploración manual, en la parte alta donde el río hace un cambio brusco en su dirección (ver plano geológico del sitio de presa, pág. 135), ya que superficialmente la única evidencia estructural que se tiene es la dirección recta del río y luego el cambio brusco en su dirección, lo que indica que algún fenómeno estructural actúa en el mismo, y la manera de comprobarlo y localizarlo fue por medio de esta investigación subterránea. Las 3 trincheras ejecutadas fueron identificadas como: Trinchera "A", "B" y "C" (ver plano de ubicación, pág. 135).

En la trinchera "A" se localizó la falla, con las características descritas en la sección o perfil adjunto a este informe. En esta trinchera afloran calizas de la Formación Chochal, las cuales se encuentran completamente fracturadas y tectonizadas por efectos de la falla asimismo los estratos aquí bastante delgados se encuentran desplazados debido al movimiento de la misma.

Unos 200 m. más hacia el Este de la trinchera "A" se excavó la trinchera "B", con una longitud de 10 m., una profundidad de 0.5 m. y un ancho de 1 m. En esta trinchera no se localizaron evidencias de la falla, sino únicamente en la parte superficial, se removió la

cobertura del suelo y los detritus de talud, encontrándose a pocos centímetros la roca base que constituye la caliza estratificada en paquetes gruesos, bastante sana, poco meteorizada, por lo mismo no se le pudo dar mayor profundidad a esta trinchera (ver perfil adjunto), ya que en roca sana e in-situ es difícil excavar con herramientas manuales.

Mas o menos a unos 400 m. se excavó la trinchera "C", que está ubicada cerca de la orilla del río en la cota 70 m.s.n.m. y se le dió un largo de 8 m. con un ancho de 1.50 m. y una profundidad de 3.00 m. En esta trinchera se comenzó a excavar 0.20 m. de un suelo limo-arenoso con bastantes raíces, luego se continuó excavando un suelo arenoso para posteriormente encontrar hasta el fondo (3 m.) cantos rodados semi redondeados. Litológicamente estos cantos rodados se componen de calizas, granitos y lutitas entrelazadas en una matriz arenosa de grano medio. Por efecto de la realización de esta trinchera se logró la localización de esta terraza aluvial la cual podría utilizarse como un nuevo banco de materiales para la construcción del proyecto.

B. Estratigrafía

1. Formación Tactic inferior.

Esta formación tiene asignada una edad pérmico inferior y su litotipo está constituido por Lutitas, lutitas pizarrosas con intercalaciones de caliza y arenisca. En el área de estudio aflora en gran parte en la sierra de Chuacús y en las estribaciones septentrionales de la sierra de Las Minas.

En los afloramientos encontrados durante los recorridos de campo predominan las lutitas calcáreas bastante alteradas, por lo general recubiertas de una capa oxidada de hematita o limolita; tienen textura jabonosa y las muestras más sanas y no calcáreas presentan una coloración verdosa probablemente debido a la existencia de cloritas. Este último grupo de minerales indica que las lutitas sufrieron un proceso diagenético o de metamorfismo de muy bajo grado. La cloritización se presenta con mayor frecuencia en las partes más bajas como riberas o cañadas de los ríos, ya que se trata de las partes más profundas y por lo tanto que han sufrido mayor presión y temperatura; siendo posteriormente puestas al descubierto por la erosión fluvial.

Hacia el Sur del río Matanzas, las lutitas se van volviendo más pizarrosas, a medida que se encuentran más cercanas al núcleo cristalino granodeorítico. La zona de transición entre la

lutita pizarrosa y la granodeorita puede considerarse un miembro aparte de la formación Tactic inferior, dado que se trata de una lutita pizarrosa levemente metamorfizada, propia de la aureola de contacto que produce una intrusión ignea. En este caso, el cinturón de metamorfismo de contacto alcanza un ancho máximo puesto que la roca intrusionada es de tipo arcilloso.

2. Formación Tactic superior.

Se le ha asignado una edad pérmico inferior. Está constituida por intercalaciones de lutitas y calizas. En los afloramientos de esta formación, las alteraciones entre las lutitas y las calizas ocurren en forma gradual, siguiendo la secuencia lutitas- lutitas calcáreas o calcilutitas-calizas.

Las calizas se encuentran muy fracturadas por un fuerte diaclasamiento, con dirección principal perpendicular a la estratificación o bien vertical. Asimismo ha sufrido un proceso de recristalización que da origen a la formación de calcita en forma de vetas que atraviesan las capas en diferentes direcciones. El contenido de calcita puede variar de 1% al 25%.

3. Formación Chochal.

Esta formación, al igual que las anteriores, también corresponde al período pérmico inferior, aunque estratigráficamente es suprayacente a la formación Tactic. También se encuentra formada por rocas sedimentarias y está constituida por calizas fosilíferas y dolomías.

Las calizas y dolomías de esta formación presentan una topografía de tipo kárstico, con macroestructuras tales como dolinas y taludes casi verticales en las cimas de los cerros que dan origen a una estructura lapiaz en las rocas, redepositación y recristalización, la cual provoca la formación de una costra de calcita y travertino.

Las dolomitas presentan la misma morfología kárstica. Es probable que estas rocas se hayan formado como consecuencia de estos mismos fenómenos de disolución a través de la circulación de soluciones salinas y minerales. Las rocas de esta formación constituyen la mayor parte de las montañas a ambos lados del río Matanzas y su límite litológico con la formación Tactic inferior pasa aproximadamente junto al eje de la presa; esto puede constituir una zona de debilidad.

4. Abanico aluvial.

Esta unidad está constituida por detritos sedimentarios provenientes de la erosión de las montañas situadas al Norte del río Polochic. Los abanicos cubren una pequeña área, concentrándose en el lugar donde empieza el valle del Polochic, desde Papalhjá y corre hacia el este hasta Chavacal, a unos 5 km de la Tinta.

Esta unidad más larga que ancha debe su origen a los ríos que corren desde las montañas hacia el Sur para desembocar en el río Polochic; el cambio repentino de pendiente al pasar de río de montaña a la llanura aluvial, aunado al salto de la falla del Polochic, originan la formación de depósitos aluviales de diversa granulometría, desde gravas hasta arenas.

5. Depósitos aluviales.

Aunque en toda la región corren numerosos ríos y arrollos, los únicos que forman un valle aluvial lo suficientemente ancho para ser mapeado son los más caudalosos: el Polochic, el Matanzas, el Samiljá y el Cucanjá. La mineralogía de los depósitos varía de acuerdo con el tipo de rocas que atraviesa y erosiona cada río y sus afluentes; sin embargo, la granulometría es aproximadamente homogénea, ya que se trata de ríos de montaña; que varían de bloques y cantos rodados hasta arenas y limos. La llanura aluvial del Polochic, dada su menor pendiente y fuerza, arrastra sedimentos más finos, que dan lugar a un amplio valle constituido principalmente por arenas y limos.

C. Geología Estructural.

En el levantamiento geológico de campo del sitio de presa se confirmó el contacto geológico como a 200 m. aguas arriba del eje de presa entre las Formaciones Tactic Inferior y la Chochal, este contacto es de origen tectónico debido a la debilidad en la zona de contacto lo que origina un cambio de formación, que es originado por el extremo Sur de la falla del Polochic.

Asimismo se identificaron otras dos fallas paralelas al río Matanzas, es decir que tienen un rumbo perpendicular a la falla del Polochic. Estas dos fallas están en ambos extremos del sitio de presa, en la margen izquierda. Se localiza como a 100 m. del eje y en la cota 300 m.s.n.m. para desaparecer aguas abajo como a 800 m. en la estructura del sinclinal de Panzal. Esta falla tiene una longitud de 1400 m. desde donde comienza en el río Matanzas.

En la margen derecha del río se identificó otra falla como a 500 m. al Norte del eje de presa; esta falla no representa riesgo para el posible sitio de presa, ya que es de poca longitud y esta suficientemente alejada, como también se encuentra aguas debajo de la obra.

Esta dos fallas posiblemente se originaron debido al complejo estructural existente en la zona provocado por el recorrido de la falla del Polochic, ya que la magnitud de la misma provocó que se formaran numerosos ramales o fallas secundarias.

En la zona que comprende los ríos Polochic y Matanzas (cerca del proyecto La Tinta), misma que forma parte de la Sierra de Chuacús, se observa un sistema de fracturamiento y plegamiento fuertemente desarrollado. Las fallas tienden a ser paralelas a la principal y también sirven como contacto litológico. El plegamiento puede estar asociado no sólo al sistema de fallas, sino que también a los fenómenos orogénicos que dieron origen a la cadena montañosa.

Una de las estructuras importantes identificadas en el área es el sinclinal denominado Panzal, el cual tiene un recorrido con rumbo E-W que comienza a la altura de Tukurú para desaparecer en el lugar donde el río Matanzas desemboca con el río Polochic. El eje de este sinclinal tiene su recorrido aproximadamente sobre la parte alta de la Sierra, por lo que se le ha identificado como una estructura de relieve invertido, porque topográficamente parece representar un anticlinal (ver mapa geológico). Por otra parte, el rumbo y buzamiento de la estratificación, es otro parámetro que viene a confirmar esta estructura, ya que hacia el centro de la Sierra, las formaciones son mas jóvenes.

Aunque la tendencia de los pliegues muestra cierta concordancia con el eje del sinclinal, asimismo existen infinidad de pliegues menores con distintas direcciones, concluyéndose inferidamente que las etapas de formación fueron varias. Es natural que los pliegues de mayor visibilidad se dan en las lutitas de la formación Tactic Inferior, por consecuencia de su alta plasticidad.

Un poco más hacia el Sur, la siguiente estructura identificada de importancia es un anticlinal denominado La Tinta, cuyo eje ha sufrido deformaciones de tal forma que sigue aproximadamente los cauces de los ríos Matanzas y Samiljá, lo que explicaría que un mismo evento tectónico fue el causante del paralelismo entre ambas estructuras y el relieve invertido que ocurre en el eje del anticlinal, que también corre en los cauces de los ríos.

D. Perforaciones Realizadas

En este estudio se realizó un levantamiento geológico general de toda el área que abarca el proyecto y sus diferentes alternativas a la escala 1:25,000, como también un levantamiento geológico detallado del área del sitio de presa propuesto escala 1:12,500. A raíz de lo anterior se detectaron evidencias de una falla secundaria que se localiza en dirección perpendicular al trazo principal de la falla del Polochic, la cual tiene un rumbo Este-Oeste y la falla secundaria con un rumbo Norte-Sur. Es decir que esta falla cruza el trazo principal de la falla del Polochic y a la vez se ubica en el centro del eje de la presa propuesto.

Con la finalidad de detectar la posible falla en el eje de la presa, se planificó una serie de perforaciones de investigación subterráneas con recuperación de testigos (muestras) en el mismo. El objetivo principal es describir en forma específica las condiciones estructurales y los problemas geológicos especiales investigados por medio de estudios geotécnicos especiales (perforaciones). La información y los datos obtenidos serán de utilidad para definir y conocer las condiciones geológico-estructural existentes en el terreno seleccionado para el emplazamiento de la obra como: Estabilidad, resistencia estructural, permeabilidad, condiciones físicas del basamento, etc. El estudio permitió establecer las columnas estratigráficas del terreno y las condiciones físicas y subterráneas del mismo.

1. Ejecución de las perforaciones.

Para la realización de los trabajos de perforación se utilizó el método Wire Line, con muestreadores N y B (perforación rotativa con recuperación de testigos).

En este reporte se exponen las consideraciones generales sobre la finalidad y los resultados obtenidos de los sondeos ejecutados en el proyecto, desde el punto de vista geológico, estructural (recuperación, R.Q.D, fracturación, etc.).

2. Perforación y muestreo.

Para la perforación se utilizaron brocas de diamante montado, brocas de diamante impregnado y brocas con cortadores de carburo tungsteno. El uso de distintos tipos de brocas dependió del tipo y condiciones de la roca que se perforó. Brocas de diamante impregnado fueron utilizadas para perforar roca consolidada, brocas de diamante montado, para terrenos poco consolidados, y brocas de carburo tungsteno, para perforación y recuperación de arenas

y suelos poco consolidados. Todas las perforaciones se realizaron al utilizar el diámetro N (agujero de 76 mm.) con recuperación de núcleo de 47.6 mm.

En algunos casos se presentaron serias dificultades durante la perforación, lo que obligó a emplear una suspensión de Bentonita como fluido de perforación, y a la reducción del diámetro del agujero para lograr profundizar más el sondeo.

Asimismo hubo casos en que se tuvo la necesidad de cementar para luego reperfilar, con el fin de poder avanzar con la perforación al máximo posible. Para la recuperación de la muestra perforada, se utilizaron muestreadores del sistema Wire Line de 3.00 m. de largo, equipado con doble tubo interno.

En casos en que el terreno mostró condiciones de muy poca consolidación, se utilizó el sistema de perforación en seco, este sistema consiste en la utilización de muestreadores de tubo sencillo, de largo variable, equipado con brocas de carburo tungsteno y una válvula en la parte superior, para permitir la salida del aire, mientras penetra la muestra y asegura que la misma permanezca en su interior. A diferencia de los muestreadores de doble tubo, este sistema no utiliza fluidos de perforación, lo que evita el lavado de la muestra.

Se hicieron los trabajos técnicos principales en el momento de ejecución de las perforaciones: Aspectos geológicos principales (Litología, estratigrafía, fallas, etc.), grado de alteración, dureza, fracturación de la roca y tipo de discontinuidades. Porcentaje de recuperación de las muestras, R.Q.D., (Rock Quality Designation – Índice de la calidad de la roca), análisis de las muestras de los sondeos y su interpretación en el contexto litológico y sobre todo tectónico – estructural de la zona.

La ubicación de las perforaciones ejecutadas en el área del sitio de la presa del proyecto, se muestran en el plano de ubicación adjunto, también se adjuntan los perfiles estratigráficos de los sondeos (logs).

Del programa de perforaciones planificado en el eje de la presa, únicamente se realizaron 3 perforaciones, y las mismas se encuentran ubicadas en el estribo izquierdo. Las perforaciones presentan como resultado cierto grado de homogeneidad respecto de la litología, es decir que las condiciones físicas de las rocas son casi similares y con pocas variaciones y los contactos se encuentran a ciertas profundidades (ver columnas geológicas).

Dada la ubicación del sondeo ejecutado, la secuencia inicia en las partes superficiales a perforarse en rocas de la Formación Tactic o en rocas de la Formación Chochal, las

características de las rocas para ambas formaciones son similares dadas las condiciones tectónicas de la zona.

En la Formación Tactic Superior, la zona superficial se compone de rocas en partes de algo a bastante meteorizadas, para luego seguir su secuencia en rocas poco afectadas por el meteorismo.

En el caso de la Formación Chochal, inmediatamente se inicia en rocas sanas bastante fracturadas.

E. Descripción de las perforaciones.

1. Perforación TS-1.

Esta perforación fue ubicada en la cota 200 m.s.n.m. en la margen izquierda y como a 150 m. del eje de la presa en línea recta (ver mapa geológico y de ubicación de las perforaciones adjunto). Su ubicación se debió a la necesidad de conocer el tipo de contacto entre ambas formaciones geológicas que se encuentra a pocos metros del eje central.

La perforación tuvo una profundidad total de 40 m. la cual se inició al perforar en la superficie una zona arenosa de grano fino, con algunos fragmentos de rocas de la Formación Tactic, hasta la profundidad de 9.70 m., para luego continuar con una secuencia de lentes de lutitas, calizas, dolomías, mismas que comprenden a la Formación Tactic, hasta la profundidad de 28.85 m. para luego encontrar el contacto entre la Formación Chochal, (ver columna geológica).

Este contacto se presenta de forma normal sin alteraciones, y se encuentran unas dolomías moderadamente fracturadas con algunas vetas de cuarzo, que rellenan las fracturas en esta zona. Casi al final del sondeo (40 m.), las fracturas presentan pequeños planos de cizalla o slicken-side, debido a pequeños esfuerzos tectónicos en la misma, lo que indica que a esta profundidad comienza a manifestarse indicios de la presencia de la falla en el sondeo.

2. Perforación TS-2.

Esta perforación fue ubicada en el eje mismo de la presa, en la margen izquierda, en la cota 200.50 m.s.n.m. como se mencionó en párrafos anteriores su ubicación se debió a la necesidad de conocer las características físicas de las rocas subterráneamente, ya que esto servirá para diseñar el tipo de cimentación, así como conocer las condiciones físicas y mecánicas del área donde se emplazará en estribo izquierdo de la presa.

Se comenzó a perforar directamente sobre rocas bastante sanas, poco fracturadas (calizas) para luego continuar perforando la secuencia típica de la Formación Tactic Superior, que comprende intercalaciones de calizas, lutitas y algunos tramos arenosos en la secuencia, (ver columna geológica adjunta). A la profundidad de 13.87 m. se encontró el contacto con la Formación Chochal, este contacto no presenta evidencias de falla, pero la roca sí se encuentra bastante fracturada, tanto las lutitas de la Formación Tactic, como las calizas de la Formación Chochal. En los siguientes metros perforados la roca continúa comportándose de manera similar, hasta llegar a la profundidad de 48.63 m. donde se encontraron evidencias claras de la falla, las rocas de la Formación Chochal. Aquí comienzan a encontrarse sin una estructura definida, que están bien fracturadas y cizalladas y con espejos de falla, en un material negro arcilloso brillante (milonita) debido a la compresión del macizo rocoso. Toda la secuencia continúa en zona de intercalaciones de calizas y dolomías, color gris oscuro, de moderadamente a bien fracturadas, en partes las fracturas están algo cerradas y en otras abiertas.

La perforación continúa intersectando el trazo de la falla, la cual presenta espejos bien marcados. Estos planos de compresión aparecen en todo el resto de la perforación hasta el final de la misma (150.32 m.), asumiéndose que la falla continúa en profundidad.

El buzamiento de la falla es de 75 grados a 78 grados lo que indica que en la zona tuvo un desplazamiento de masas en forma vertical y paralela al sondeo.

Toda esta zona se encuentra en partes bien fracturadas, y en otras los núcleos se encuentran en estado moderadamente sanos. La falla se presenta aquí dentro de las fracturas, las cuales están cizalladas y recristalizadas debido a los esfuerzos de compresión que han sufrido.

3. Perforación TS-3.

Fue ubicada aproximadamente a 90 m. del eje de presa, aguas abajo del mismo, y como a 50 m. de la orilla del río, el fin principal de la perforación fue tratar de localizar evidencias de la falla en el lecho del río y saber si ésta, de encontrarse, influía en el mismo.

Con las investigaciones de campo y de gabinete realizadas que incluyeron: Geología de campo, fotointerpretación, morfología y tectónica del área, se planificó la ubicación de la perforación previamente a su ejecución, con el fin de confirmar la presencia de la misma.

Por estas razones se le dio una inclinación de 40 grados con un rumbo Sur-Este, para que lograra intersectar dicha falla. Originalmente esta perforación se planificó que tenía una profundidad de 60 m., pero dados los resultados de la misma, se detuvo a los 40 m.

Se comenzó perforando en depósitos aluviales, que comprenden arenas finas y gruesas con pequeños cantos rodados y algunos bloques bien redondeados, (depósitos del río). Las arenas están bastante inconsolidadas, permeables, con algunos lentes de arcilla hasta la profundidad de 30 m. luego se comenzó a encontrar únicamente una arcilla limosa, color amarillento, sin que se lograra encontrar la roca base por lo que se optó por detener la perforación a la profundidad de 40 m. y con ello la desmovilización del equipo de perforación, finalizándose con ello el programa de perforación. Originalmente se planificó la realización de un total de 8 perforaciones en ambos estribos de la presa pero debido a razones económicas y de austeridad este programa de perforación no se pudo concluir.

IV. MODELOS DE RECURRENCIA.

A. El modelo de Poisson

La ocurrencia de los sismos puede ser modelada al utilizar la ley de probabilidades de Poisson. Para que los eventos sísmicos sigan la ley de Poisson, se deben cumplir las siguientes afirmaciones:

1. Los terremotos son independientes en el espacio. Esto implica que la ocurrencia, o no ocurrencia, de un evento sísmico en un sitio no afecta la ocurrencia, o no ocurrencia, de otro evento sísmico en otro sitio.
2. Los terremotos son independientes en el tiempo. Es decir, los eventos sísmicos no poseen una memoria en el tiempo.
3. La probabilidad de que dos eventos sísmicos ocurran en el mismo lugar en el mismo instante de tiempo se acerca a cero.

Para eventos que satisfagan los tres enunciados anteriores, la ley de Poisson puede expresarse como:

$$P_n(t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!}$$

Donde:

$P_n(t)$: probabilidad de tener n eventos en un periodo de tiempo t

N : número de eventos

λ : tasa media de ocurrencia por unidad de tiempo.

La tasa media por unidad de tiempo está definida por la relación log-lineal de recurrencia, o relación de Gutenberg-Richter, la cual es de la forma:

$$N'(M) = \exp[\alpha' + \beta_i M]$$

Así, la probabilidad de tener n eventos en un tiempo t será:

$$P_n(t) = \frac{\exp[-\exp(\alpha'_i + \beta_i M)t] [-\exp(\alpha'_i + \beta_i M)t]^n}{n!}$$

Notar que en esta última ecuación el valor de λ fue reemplazado por $N'(M)$.

B. Mecanismos de la fuente sísmica

Tres tipos de mecanismos pueden ser utilizados para representar la sismicidad de cualquier región; estos son: Puntual, lineal y de área. En nuestro caso, las fallas sísmicas de Chixoy-Polochic y Motagua serán modeladas como fuentes lineales. Esto se debe a la cercanía entre el sitio bajo estudio y la falla sísmica. Como una guía general, puede decirse que si una fuente sísmica se encuentra a más de 200 km de el sitio, la fuente se considera puntual.

1. Fuentes puntuales

Para este tipo de fuente sísmica, todas las ocurrencias (pasadas y futuras) toman lugar en un punto. La relación de Gutenberg-Richter debe ser normalizada respecto del tiempo y queda de la siguiente forma:

$$N'(M) = \frac{N(M)}{T}$$

Substituyendo el valor de $N'(M)$ en la ley de Poisson, se obtiene:

$$P_n(M \geq m, t) = \frac{\exp[-\exp(\alpha'_i + \beta_i M)t] [-\exp(\alpha'_i + \beta_i M)t]^n}{n!}$$

Donde la notación $P_n[M > m, t]$ nos proporciona la probabilidad que existan n eventos de magnitud M mayor que una magnitud m en un período de tiempo t . Para propósitos de ingeniería, es primordial determinar la probabilidad de tener al menos un evento de magnitud mayor que m en un período t ; lo cual se describe así:

$$P(\text{al menos 1 evento tal que } M > m, t) = 1 - \exp[-N'(M) t]$$

2. Fuentes lineales.

En el caso de una fuente lineal, se asume que los epicentros se ubican al seguir un patrón de falla lineal. Para una fuente lineal de longitud L y una base de datos que cubre un período T , la relación de recurrencia normalizada se expresará :

$$N'(M) = \frac{N(M)}{LT}$$

Este $N'(M)$ puede ser sustituido en la ecuación de la ley de probabilidades de Poisson para obtener la probabilidad de al menos un evento de magnitud $M > m$ en un período t .

$$P[M \geq m, t] = 1 - \exp \left[- \int_{l_1}^{l_2} \exp[\alpha' + \beta m] dl \cdot t \right]$$

C. Magnitud máxima probable.

Para poder aplicar la relación de Poisson a nuestro sitio, necesitamos definir cuál es la magnitud máxima que puede generar cada falla y, luego, establecer los períodos de tiempo para los cuales dicho sismo será excedido al menos una vez.

El método más común para estimar la magnitud del máximo sismo que puede generar una falla se basa en la longitud de la falla o en el máximo desplazamiento que puede ser asociado a ella. Es mecánicamente imposible generar grandes sismos con fallas de corta longitud o de pequeños desplazamientos. Basados en datos mundiales de sismos históricos, donde las fallas pueden ser observadas, Bonilla y Buchanan (1970), y Siemmons (1977) determinaron una correlación entre la longitud de la falla y la magnitud del sismo, lo cual se muestra en las tablas a continuación. Debe mencionarse que el dato proporcionado por estas tablas es aproximado y debe ser correlacionado con la sismicidad histórica de la región.

Tabla 11

Ecuación para determinar la magnitud con base en el desplazamiento de la falla:

$$M=a+b\log D$$

Falla	No de sismos	a	b	desviación estándar	coeficiente de correlación
Norteamérica	24	6.745	0.995	0.595	0.840
Resto del mundo	51	6.821	1.120	0.549	0.643
Mundial	75	6.750	1.197	0.541	0.791
(A) deslizamiento normal	20	6.827	1.050	0.449	0.777
(B) desplazamiento inverso	11	7.002	0.986	0.469	0.744
(C) desplazamiento normal oblicuo	8	6.750	1.260	0.395	0.672
(D) desplazamiento inverso oblicuo	6	6.917	-0.150	0.421	-0.063
(E) strike-slip	30	6.717	1.214	0.639	0.814

Tabla 12

Ecuación para determinar el desplazamiento con base en la longitud de la falla:

$$\log D= a+b\log L$$

Falla	No de sismos	a	b	desviación estándar	coeficiente de correlación
Norteamérica	26	-4.720	1.036	0.632	0.737
Resto del mundo	48	-1.654	0.444	0.320	0.589
Mundial	74	-3.185	0.747	0.515	0.645
(A) deslizamiento normal	20	-4.375	1.014	0.567	0.620
(B) desplazamiento inverso	9	-2.123	0.568	0.226	0.832
(C) desplazamiento normal oblicuo	8	-0.107	0.128	0.279	0.183
(D) desplazamiento inverso oblicuo	6	1.242	-0.220	0.154	-0.487
(E) strike-slip	31	-3.571	0.805	0.541	0.703

Tabla 13

Ecuación para determinar la magnitud con base en la longitud de la falla:

$$M = a + b \text{ Log } L$$

Falla	No de sismos	a	b	desviación estándar	coeficiente de correlación
Norteamérica	26	-0.146	+1.504	0.628	0.815
Resto del mundo	48	2.971	0.920	0.500	0.680
Mundial	75	1.606	1.182	0.603	0.724
(A) deslizamiento normal	18	1.845	1.151	0.521	0.575
(B) desplazamiento inverso	9	4.145	0.717	0.167	0.932
(C) desplazamiento normal oblicuo	10	3.117	0.913	0.457	0.604
(D) desplazamiento inverso oblicuo	7	4.398	0.568	0.340	0.522
(E) strike-slip	31	0.597	1.351	0.694	0.775

Tabla 14

Ecuación para determinar la magnitud con base en la longitud de la falla y el desplazamiento:

$$M = a + b \text{ Log } LD$$

Falla	No de sismos	a	b	desviación estándar	coeficiente de correlación
Norteamérica	24	3.510	0.701	0.503	0.889
Resto del mundo	46	4.158	0.610	0.464	0.731
Mundial	70	3.740	0.680	0.489	0.828
(A) deslizamiento normal	18	4.551	0.530	0.421	0.750
(B) desplazamiento inverso	9	5.310	0.423	0.213	0.886
(C) desplazamiento normal oblicuo	8	3.281	0.785	0.325	0.793
(D) desplazamiento inverso oblicuo	6	3.706	0.678	0.353	0.550
(E) strike-slip	29	3.220	0.759	0.567	0.859

Cuando se mencionó la sismicidad histórica de cada falla, se estableció que para la falla del Motagua la longitud de ruptura es de 240 km y el desplazamiento máximo es de 4m, por lo que se utilizará la tabla 14 para determinar la magnitud máxima que puede generar dicha falla. Es de notar que en este caso particular, la correlación de los datos es muy buena: 85.9%; así, la fórmula a utilizar será:

$$M = a + b \cdot \text{Log}(L \cdot D)$$

$$A = 3.220$$

$$B = 0.759$$

$$L = 240 \text{ km}$$

$$D = 4 \text{ m}$$

$$M = 3.22 + 0.759 \cdot \log(240000 \cdot 4)$$

$$M = 7.76$$

Este valor de magnitud obtenido concuerda bastante bien con la sismicidad histórica de la región, por lo que para el análisis probabilístico se utilizará como el valor sobre el cual se desea calcular la probabilidad de excedencia en un tiempo t .

Los datos para la falla de Chixoy-Polochic, tanto de desplazamiento como longitud de ruptura son estimados; el más confiable es el desplazamiento, por lo que se utilizarán los datos de la tabla 11:

$$M = a + b \cdot \text{Log}(D)$$

$$A = 6.717$$

$$B = 1.214$$

$$D = 3.4 \text{ m}$$

$$M = 6.717 + 1.214 \cdot \log(3.4)$$

$$M = 7.36$$

Este valor también tiene concordancia con los datos observados de la sismicidad histórica, por lo que se utilizará en el análisis probabilístico.

D. Análisis probabilístico

Se aplicará la ley de Poisson a las fallas de Chixoy-Polochic y Motagua, con los siguientes parámetros:

	Chixoy-Polochic	Motagua
α	8.96	8.89
β	-1.29	-1.46
L, km	240	240
T, años	38	38
M	7.76	7.36

Los parámetros α y β fueron calculados previamente para cada una de las fallas; T es el período del registro sísmico. En este caso la duración del catálogo es la misma para ambas fallas, y M es la magnitud máxima que puede generar cada falla.

Como ejemplo se calculará la probabilidad que suceda al menos un sismo de magnitud 7.76 en la falla de Chixoy-Polochic en un año:

$$P(M \geq 7.76, 1año) = 1 - \exp \left[- \int_0^{240} \exp(0.0009746 - 1.46 * 7.76) dl \cdot 1 \right]$$

$$P(M \geq 7.76, 1año) = 1 - \exp \left[- \int_0^{240} 0.00002156 dl \cdot 1 \right]$$

$$P(M \geq 7.76, 1año) = 1 - \exp \left[-(0.00002156 \cdot 240 \cdot 1) \right]$$

Finalmente:

$$P(M \geq 7.76, 1año) = 0.0052$$

Siguiendo el mismo procedimiento, se calcularon las probabilidades de excedencia para ambas fuentes para los periodos 1, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 200, 300, 400, 500 y 1000 años:

	Chixoy-Polochic	Motagua
$P(M > m, 1 \text{ año}) =$	0.52%	1.07%
$P(M > m, 5 \text{ años}) =$	2.55%	5.25%
$P(M > m, 10 \text{ años}) =$	5.04%	10.23%
$P(M > m, 15 \text{ años}) =$	7.47%	14.95%
$P(M > m, 20 \text{ años}) =$	9.83%	19.42%
$P(M > m, 25 \text{ años}) =$	12.13%	23.65%
$P(M > m, 50 \text{ años}) =$	22.80%	41.71%
$P(M > m, 100 \text{ años}) =$	40.40%	66.02%
$P(M > m, 200 \text{ años}) =$	64.47%	88.45%
$P(M > m, 300 \text{ años}) =$	78.83%	96.08%
$P(M > m, 400 \text{ años}) =$	87.38%	98.67%
$P(M > m, 500 \text{ años}) =$	92.48%	99.55%
$P(M > m, 1000 \text{ años}) =$	99.43%	100.00%

Para propósitos de diseño es necesario conocer la situación inversa; es decir, para una probabilidad de excedencia de x%, un sismo de qué magnitud puede ocurrir en un intervalo de tiempo t ?

El proceso de cálculo es el mismo que el ya mostrado, por lo que a continuación se presentan los datos tabulados para ambas fallas.

Falla: Chixoy-Polochic							
Determinación de la magnitud esperada con base en el período y la probabilidad de excedencia.							
Período, años	Probabilidad de excedencia						
	1%	2%	5%	10%	20%	90%	98%
1	6.9	6.4	5.8	5.3	4.8	3.2	2.8
5	8	6.9	6.9	6.4	5.9	4.3	3.9
10	8.5	8	7.3	7	6.4	4.7	4.4
25	NA	8.6	8	7.5	7	5.4	5
50	NA	NA	8.5	8	7.4	5.8	5.5
100	NA	NA	NA	8.4	8	6.3	6
200	NA	NA	NA	NA	8.4	6.8	6.4

La tabla debe leerse de la siguiente forma: *en la falla de Chixoy-Polochic existe una probabilidad del 98% que ocurra al menos un sismo de magnitud 6.0 en un período de 100 años.* Las casillas en las que aparece **NA** indican que la fórmula de Poisson no es la indicada, esto es porque predice una magnitud mayor a la que puede generar la falla. Se tomaron valores de magnitud tan grandes como 8.5, aun cuando históricamente no existe evidencia que esta falla haya producido sismos de tal magnitud.

Las probabilidades de excedencia para la falla del Motagua son:

Falla: Motagua		Probabilidad de excedencia						
Determinación de la magnitud esperada con base en el período y la probabilidad de excedencia.								
Período, años	1%	2%	5%	10%	20%	90%	98%	
1	7.8	7.3	6.6	6	5.4	3.6	3.2	
5	NA	8.5	7.8	7.2	6.7	4.8	4.4	
10	NA	NA	8.3	7.8	7.2	5.4	4.9	
25	NA	NA	NA	8.5	7.9	6.1	5.7	
50	NA	NA	NA	NA	8.4	6.6	6.2	
100	NA	NA	NA	NA	NA	7.2	7.3	
200	NA	NA	NA	NA	NA	7.7	7.3	

Aplican los mismos comentarios que para la falla de Chixoy-Polochic. La tabla deberá leerse así: *en la falla del motagua existe una probabilidad del 98% que ocurra al menos un sismo de magnitud 6.2 en un período de 50 años.*

V. ESTIMACION DE LA AMENAZA SISMICA

A. Relaciones de atenuación

Los estudios concernientes a la evaluación de la amenaza sísmica requieren la predicción de los movimientos del terreno provocados por los terremotos. Para hacer tal predicción es necesario conocer las características fundamentales de estos terremotos, el medio a través del cual se propagan las ondas sísmicas, la geología local del sitio y el tipo de estructuras localizadas en el sitio. Si existe una cantidad suficiente de registros sísmicos para un sitio determinado, entonces el diseño de las estructuras ubicadas en dicho sitio será realizado con base en las cargas sísmicas ya registradas. Este acercamiento se conoce como específico del sitio.

Para la mayoría de las aplicaciones, este procedimiento no es posible realizarlo debido a la ausencia de suficiente información; por lo que se necesita un modelo de predicción. Tales modelos se conocen como relaciones de atenuación, y son funciones matemáticas que relacionan un parámetro del movimiento del suelo (como aceleración pico) con parámetros que caracterizan el sismo, tales como medio de propagación, geología local y estructura.

B. Selección de los parámetros.

Un parámetro a predecir se conoce como variable dependiente, y los parámetros utilizados para hacer tal predicción se conocen como variables independientes. Existen dos consideraciones importantes cuando se selecciona un parámetro como variable independiente:

1. El parámetro debe ser confiable, es decir, debe ser una característica del sismo; y su estimación con base en los datos existentes debe ser razonablemente precisa.
2. Ya que una relación de atenuación será utilizada para predecir los movimientos del terreno para eventos futuros, el parámetro debe ser predecible, debe estimarse con base en las características sismotectónicas de la región.

1. Aceleración pico del suelo.

La aceleración pico del suelo es el parámetro más comúnmente utilizado para describir un sismo, pero esta práctica ha sido criticada últimamente debido a que se ha observado una falta de correlación con el comportamiento estructural durante sismos

recientes. Esto ha llevado a los investigadores a estudiar una serie de parámetros pico incluyendo velocidad pico, espectro de respuesta, intensidad Arias, raíz cuadrada de la aceleración media, espectro de Fourier, densidad espectral y espectro de intensidad.

El historial en el tiempo de aceleraciones es la más completa descripción del movimiento del terreno y puede utilizarse en cualquier aplicación de ingeniería de terremotos. Tiene la ventaja de incorporar todas las características del movimiento del terreno (en tiempo y frecuencia) y puede ser utilizado en análisis elásticos e inelásticos. El gran inconveniente es que estos análisis en el dominio del tiempo son extremadamente caros y necesitan demasiado tiempo.

El espectro de respuesta es probablemente la mejor descripción del movimiento del terreno que puede ser fácilmente utilizada por el diseñador (ATC 1974), pero tiene la desventaja que la predicción del espectro de respuesta requiere el desarrollo de varias relaciones de atenuación, una para cada período y amortiguamiento de interés. Para simplificar el desarrollo del espectro de respuesta, se ha adoptado el uso de espectros de respuesta estandarizados, en los cuales las ordenadas son proporcionales a los parámetros pico del movimiento del terreno, por lo que se utiliza la aceleración pico para períodos cortos, la velocidad pico para períodos intermedios y el desplazamiento pico para períodos largos.

Debido a que los sismos son grabados en tres componentes ortogonales, se debe decidir cuál de dichas componentes será predecida. Para la mayoría de las aplicaciones de ingeniería, la amplitud de la componente vertical se toma simplemente como dos tercios de la amplitud de las componentes horizontales. Estudios recientes han demostrado que esta regla no puede ser utilizada en sitios cercanos a la fuente sísmica donde se ha observado que las aceleraciones pico verticales igualan o exceden a los valores pico horizontales para sismos entre moderados y grandes. Esta misma experiencia indica que la relación entre componente vertical a horizontal decrece con la distancia, ya que baja de los mencionados dos tercios a grandes distancias.

2. Magnitud.

El parámetro más comúnmente utilizado para caracterizar el tamaño de un sismo es la magnitud. Es el único parámetro que es rutinariamente reportado por las agencias de las redes sismográficas. Una de las principales limitaciones de la magnitud es la variedad de escalas existentes, lo cual puede llevar a errores. Es clara la tendencia de todas las escalas a saturarse con determinado tamaño de sismo. Las magnitudes de onda superficial (M_l y m_b) son confiables para magnitudes menores a 6 y se vuelven relativamente independiente

del tamaño del sismo para magnitudes cercanas a 7. Por ello, las magnitudes son generalmente especificadas en términos de **mb** o **MI** para sismos pequeños y **Ms** o **M** para sismos grandes. Este uso dual de las escalas de magnitud es consistente con la interpretación de la escala de magnitud de Richter, la cual representa **ML** para magnitudes menores que 6 y **Ms** para terremotos mayores.

Chung y Bernreuter (1981), Herrmann y Nuttli(1982), y Nuttli y Herrmann (1982) han observado diferencias regionales en la determinación de la magnitud para **mb**, que pueden ser consideradas en el desarrollo y aplicación de las relaciones de atenuación. Ellos encontraron que la determinación de **mb** está fuertemente afectada por la variaciones regionales en la estructura, composición y propiedades físicas dentro de la tierra. También indican que cuando se utilizan catálogos regionales para obtener magnitudes, es necesario determinar cómo fueron calculadas estas magnitudes. Por ejemplo, un cambio significativo ocurrió a inicios de los años 60 cuando la red sismográfica mundial (WWSSN) fué establecida, que consistió en un cambio en instrumentación, el cual tuvo un fuerte efecto en el nivel de saturación de la escala **mb**. Los anteriores instrumentos de período largo proporcionaban mayores magnitudes que los nuevos instrumentos.

3. Distancia.

Los parámetros de propagación caracterizan los efectos de las ondas sísmicas conforme éstas se alejan de la fuente y se acercan al sitio. La variable independiente comúnmente utilizada es la distancia. Debido a que la ruptura del terremoto se puede extender por cientos de kilómetros, la cantidad utilizada como distancia tiene gran efecto en los resultados; por ejemplo, para sitios cercanos a la fuente, el uso de la distancia hipocentral o epicentral lleva a mayores diferencias en la evaluación de la relación de atenuación que el uso de la menor distancia a la falla.

Para la mayoría de escenarios sísmicos, sea probabilística o determinística la aplicación, se acostumbra utilizar la menor distancia a la falla, o estructura tectónica o ruptura sísmica como representativa de la distancia a la fuente sísmica. Por el contrario, si un análisis determina que las fuentes sísmicas están uniformemente distribuidas a lo largo de una falla, entonces la distancia epicentral o hipocentral o la distancia al centro de energía será la medida más apropiada.

4. Parámetros del sitio.

Tradicionalmente los parámetros del sitio han sido relacionados con descripciones geológicas simples. Por ejemplo, Mc Guire 1978 los clasifica así:

- Suelo: aluvión y depósitos suaves de más de 10m de profundidad
- Roca: basamento rocoso, roca sedimentaria y suelo menor de 10m de profundidad.

Campbell (1981) tiene una clasificación más detallada:

- Roca dura: roca cristalina, roca metasedimentaria y roca volcánica.
- Roca suave: roca sedimentaria, roca metasedimentaria suave y roca volcánica suave.
- Depósitos del pleistoceno: suelos del pleistoceno con más de 10m de profundidad.
- Aluviones recientes: suelos de holoceno con más de 10m de profundidad.
- Suelos superficiales: suelos de menos de 10m de profundidad.
- Suelos suaves: suelos extremadamente suaves o sueltos.

Clasificaciones como estas pueden ser utilizadas como guía en el establecimiento de los parámetros del sitio para las relaciones de atenuación, pero no deben ser adoptadas sin tener en cuenta las relaciones entre el sitio y la estructura; factores tales como mecanismo de falla, topografía del sitio, profundidad de los depósitos de suelo y tamaño de la estructura pueden afectar significativamente los valores de la relación de atenuación. Por ejemplo, se ha observado que existe una gran amplificación (factor 2) en aceleraciones asociadas con depósitos de suelos superficiales para sitios localizados cerca de la fuente en sismos entre pequeños y moderados. La clasificación de dichos suelos como roca (lo cual era una práctica común) puede incrementar significativamente las estimaciones de período corto.

6. Parámetros de la estructura.

Si se necesitan predicciones de campo abierto, entonces los parámetros del efecto de la estructura en la cual se realizó la medición son necesarios. En el pasado, estos efectos no han sido tomados en cuenta o han sido confundidos con los efectos de la respuesta del sitio, pero recientemente se ha encontrado que el movimiento del terreno puede ser afectado por el tamaño y empotramiento en el suelo de la estructura. Boore (1980) clasifica las estructuras en edificios grandes (con más de dos niveles de altura) y pequeños, y encontró diferencias significativas en las aceleraciones pico grabadas durante el sismo de San Fernando de 1971. Los análisis de los registros obtenidos durante este sismo indican que el empotramiento de la cimentación es el factor que controla la reducción del período corto.

C. Selección de los datos.

Una vez se han seleccionado las variables dependientes e independientes, los datos deben ser escogidos. Se puede disminuir la variabilidad si las grabaciones seleccionadas representan:

1. Provincias tectónicas de características similares.
2. Instrumentos de grabación de características de respuesta similares.
3. Técnicas de grabación y proceso consistentes.
4. Definiciones consistentes de sismo, ruta y parámetros estructurales

Una fuente potencial de error se da cuando las variables independientes están estadísticamente correlacionadas. Los datos no deben ser eliminados cuando representen características aleatorias del sismo o estructura. Una característica aleatoria es aquella que no puede ser predecida confiablemente en el futuro. Por ejemplo, las variaciones azimutales en el movimiento del terreno debido a los patrones de radiación de la fuente, requieren el conocimiento de la localización y dirección de la ruptura, características que generalmente no son predecibles.

D. Selección del modelo.

El siguiente paso en el desarrollo de la relación de atenuación es la selección del modelo matemático que relacione las variables independientes con la variable dependiente. La forma del modelo dependerá de la base de datos seleccionada. Si la base de datos es bastante uniforme, entonces una función que contenga pocos parámetros será la apropiada. Por el contrario, si la relación de atenuación será extrapolada mucho más allá de los datos utilizados, entonces es importante que el modelo contenga las bases físicas para que tal extrapolación tenga sentido.

La forma más general puede ser caracterizada por la ecuación:

$$Y = b_1 \cdot f_1(M) \cdot f_2(R) \cdot f_3(M, R) \cdot f_4(p_i) \cdot \varepsilon$$

Donde, $f_1(M)$ es una función de la magnitud, que puede expresarse como

$$f_1(M) = e^{b_2 M}$$

F2(R) es función de la distancia:

$$f_2(R) = e^{b_4 R} [R + b_5]^{-b_3}$$

F3 es una función conjunta de M y R:

$$f_3(M, R) = [R + b_6 e^{b_7 M}]^{-b_3}$$

F4 es una función que representa los parámetros de la estructura:

$$f_4(P_i) = \sum e^{b_i P_i}$$

Esta ecuación concuerda con la evidencia empírica que sugiere que la mayoría de los efectos de la fuente y del sitio son multiplicativos. El parámetro más común incluido en esta expresión es aquel relacionado con las clasificaciones geológicas del sitio.

La variable aleatoria E representa la incertidumbre de Y y se asume que su distribución es log-normal.

F. Relaciones de atenuación a utilizar.

1. La desarrollada por el comité para la prevención de desastres naturales (CEPRENAC) para el área de centroamérica. Esta nos da PGA (aceleración pico del suelo) para terremotos con profundidades de hasta 15 km por medio de la ecuación

$$\text{Log}(A) = -1.229 + 0.227M - \log(D^2 + 44.225)^{0.5} - 0.0023(D^2 + 44.225)^{0.5}$$

En la cual D es la distancia a la ruptura y M es la magnitud de momento, expresada como:

$$M = 2/3M_s + 2.34$$

En nuestro caso las magnitudes están expresadas como m_b , por lo que primero hay que convertirlas a M_s , utilizando la siguiente ecuación:

$$M_s = 1.74m_b - 3.95$$

Para los demás sismos, PGA se determina:

$$\ln(A) = -1.687 + 0.553M - 0.537\ln(R) - 0.00302R$$

2. La de Taylor Castillo 1992, propuesta también para Centroamérica:

$$\ln(A) = 0.339 + 0.455M - 0.67\ln(R) - 0.00207R$$

G. Evaluación de las relaciones de atenuación.

Previo a calcular la aceleración pico del suelo, deben definirse los parámetros a ingresar en la ecuación. Para el caso de la desarrollada por CEPREDENAC, todos los sismos reportados tienen una profundidad focal de 33km, por lo que se utilizará la segunda ecuación. En cuanto a la distancia, se debe evaluar la distancia a la falla del Motagua (que es de 35 km) y la distancia a la falla de Chixoy-Polochic (que es de 8 km). Las magnitudes a utilizar será para sismos con 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% y 98% de probabilidad de al menos una ocurrencia en períodos de 10, 25, 50, 100 y 200 años; para ambas fallas. Cuando la magnitud predicha por las ecuaciones de atenuación sea mayor a la magnitud máxima probable de cada falla, el dato será desechado y en la casilla se indicará con las letras **NA**.

Utilizando la relación de atenuación de CEPREDENAC, dichos valores son:

Tabla No 15

Falla de Chixoy-Polochic						
Probabilidad de excedencia para magnitudes mb						
Probabilidad de excedencia	mb, t=10 años	mb, t=25 años	mb, t=50 años	mb, t=100 años	mb, t=200 años	
10%	6.8	7.5	NA	NA	NA	
20%	6.3	7.0	7.5	NA	NA	
30%	6.0	6.6	7.1	7.6	NA	
40%	5.8	6.4	6.9	7.3	NA	
50%	5.6	6.2	6.7	7.2	7.6	
60%	5.4	6.0	6.5	6.9	7.4	
70%	5.2	5.8	6.3	6.8	7.2	
80%	5.0	5.6	6.1	6.6	7.0	
90%	4.7	5.4	5.8	6.3	6.8	
98%	4.4	5.0	5.5	6.0	6.4	
100%	4.2	4.3	4.8	5.3	5.8	

Tabla No 16

Falla de Chixoy-Polochic						
Probabilidad de excedencia para magnitudes Ms						
Ms=1.74 mb -3.95						
Probabilidad de excedencia	Ms, t=10 años	Ms, t=25 años	Ms, t=50 años	Ms, t=100 años	Ms, t=200 años	
10%	NA	NA	NA	NA	NA	
20%	7.0	NA	NA	NA	NA	
30%	6.5	7.5	NA	NA	NA	
40%	6.1	7.2	NA	NA	NA	
50%	5.8	6.8	NA	NA	NA	
60%	5.4	6.5	7.4	NA	NA	
70%	5.1	6.1	7.0	NA	NA	
80%	4.8	5.8	6.7	7.5	NA	
90%	4.2	5.4	6.1	7.0	NA	
98%	3.7	4.8	5.6	6.5	7.2	
100%	3.4	3.5	4.4	5.3	6.1	

Tabla No 17

Falla de Chixoy-Polochic						
Probabilidades de excedencia para magnitudes de momento						
$M=2/3Ms+2.34$						
Probabilidad de excedencia	M, t=10 años	M, t=25 años	M, t=50 años	M, t=100 años	M, t=200 años	
10%	7.6	NA	NA	NA	NA	NA
20%	7.0	NA	NA	NA	NA	NA
30%	6.7	7.4	NA	NA	NA	NA
40%	6.4	7.1	NA	NA	NA	NA
50%	6.2	6.9	7.5	NA	NA	NA
60%	6.0	6.7	7.2	NA	NA	NA
70%	5.7	6.4	7.0	7.6	NA	NA
80%	5.5	6.2	6.8	7.4	NA	NA
90%	5.2	6.0	6.4	7.0	7.6	NA
98%	4.8	5.5	6.1	6.7	7.1	NA
100%	4.6	4.7	5.3	5.9	6.4	NA

Tabla No 18

Falla de Chixoy-Polochic						
Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo						
$LN(A)$ según fórmula de CEPREDENAC						
$D=8\text{ km}$						
Probabilidad de excedencia	Ln A, t=10 años	Ln A, t=25 años	Ln A, t=50 años	Ln A, t=100 años	Ln A, t=200 años	
10%	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	
20%	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	
30%	-0.8	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	
40%	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	
50%	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	
60%	-0.9	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	
70%	-1.0	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	
80%	-1.0	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	
90%	-1.1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	
98%	-1.2	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	
100%	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	

Tabla No 19

Falla de Chixoy-Polochic						
Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo						
A según fórmula de CEPREDENAC						
D= 8 km						
Probabilidad de excedencia	A, t=10 años	A, t=25 años	A, t=50 años	A, t=100 años	A, t=200 años	
0%	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10%	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0
20%	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9
30%	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8
40%	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8
50%	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7
60%	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7
70%	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6
80%	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
90%	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6
98%	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
100%	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4

Tabla No 20

Falla del Motagua						
Probabilidad de excedencia para magnitudes mb						
Probabilidad de excedencia	mb, t=10 años	mb, t=25 años	mb, t=50 años	mb, t=100 años	mb, t=200 años	
10%	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20%	7.2	NA	NA	NA	NA	NA
30%	6.8	7.5	NA	NA	NA	NA
40%	6.6	7.2	NA	NA	NA	NA
50%	6.3	7.0	7.5	NA	NA	NA
60%	6.1	6.8	7.3	NA	NA	NA
70%	5.9	6.6	7.1	NA	NA	NA
80%	5.6	6.4	6.9	7.5	NA	NA
90%	5.4	6.1	6.6	7.2	NA	NA
98%	4.9	5.7	6.2	6.7	7.3	7.3
100%	4.2	4.9	5.5	6.1	6.5	6.5

Tabla No 21

Falla del Motagua						
Probabilidad de excedencia para magnitudes Ms						
Ms=1.74 mb -3.95						
Probabilidad de excedencia	Ms, t=10 años	Ms, t=25 años	Ms, t=50 años	Ms, t=100 años	Ms, t=200 años	
10%	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20%	NA	NA	NA	NA	NA	NA
30%	NA	NA	NA	NA	NA	NA
40%	7.5	NA	NA	NA	NA	NA
50%	7.0	NA	NA	NA	NA	NA
60%	6.7	NA	NA	NA	NA	NA
70%	6.3	7.5	NA	NA	NA	NA
80%	5.8	7.2	NA	NA	NA	NA
90%	5.4	6.7	7.5	NA	NA	NA
98%	4.6	6.0	6.8	7.7	NA	NA
100%	3.4	4.6	5.6	6.7	7.4	NA

Tabla No 22

Falla del Motagua						
Probabilidades de excedencia para magnitudes de momento						
$M=2/3Ms+2.34$						
Probabilidad de excedencia	M, t=10 años	M, t=25 años	M, t=50 años	M, t=100 años	M, t=200 años	
10%	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20%	NA	NA	NA	NA	NA	NA
30%	7.6	NA	NA	NA	NA	NA
40%	7.4	NA	NA	NA	NA	NA
50%	7.0	NA	NA	NA	NA	NA
60%	6.8	7.6	NA	NA	NA	NA
70%	6.6	7.4	NA	NA	NA	NA
80%	6.2	7.1	NA	NA	NA	NA
90%	6.0	6.8	7.4	NA	NA	NA
98%	5.4	6.3	6.9	7.5	NA	NA
100%	4.6	5.4	6.1	6.8	7.2	NA

Tabla No 23

Falla del Motagua					
Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo					
LN(A) según fórmula de CEPREDENAC					
D= 35 km					
Probabilidad de excedencia	Ln A, t=10 años	Ln A, t=25 años	Ln A, t=50 años	Ln A, t=100 años	Ln A, t=200 años
10%	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-2.9
20%	-1.0	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4
30%	-1.1	-1.0	-0.8	-0.7	-0.5
40%	-1.2	-1.0	-0.9	-0.7	-0.6
50%	-1.3	-1.1	-1.0	-0.8	-0.7
60%	-1.3	-1.1	-1.0	-0.8	-0.7
70%	-1.4	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8
80%	-1.5	-1.2	-1.1	-1.0	-0.8
90%	-1.5	-1.3	-1.2	-1.0	-0.9
98%	-1.6	-1.4	-1.3	-1.2	-1.0
100%	-1.8	-1.6	-1.5	-1.3	-1.2

Tabla No 24

Falla del Motagua					
Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo					
A según fórmula de CEPREDENAC					
D= 35 km					
Probabilidad de excedencia	A, t=10 años	A, t=25 años	A, t=50 años	A, t=100 años	A, t=200 años
10%	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7
20%	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7
30%	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6
40%	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6
50%	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5
60%	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
70%	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
80%	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
90%	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
98%	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
100%	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3

En base a las tablas anteriores, se elaboraron las gráficas No 35 a No 44, donde se muestra la variación de la probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo, para cada uno de los periodos anteriormente indicados.

A continuación se evaluó la ecuación de Taylor Castillo (1992) para Centroamérica. En esta la magnitud debe ingresarse como **mb**, por lo que no es necesario hacer las correcciones anteriores. Nuevamente la aceleración se reportará en unidades de g, para que sea comparable con la calculada por la fórmula de CEPREDENAC.

Tabla No 25

Falla de Chixoy-Polochic					
Probabilidad de excedencia para magnitudes mb					
Probabilidad de excedencia	mb, t=10 años	mb, t=25 años	mb, t=50 años	mb, t=100 años	mb, t=200 años
10%	6.8	7.5	NA	NA	NA
20%	6.3	7.0	7.5	NA	NA
30%	6.0	6.6	7.1	7.6	NA
40%	5.8	6.4	6.9	7.3	NA
50%	5.6	6.2	6.7	7.2	7.6
60%	5.4	6.0	6.5	6.9	7.4
70%	5.2	5.8	6.3	6.8	7.2
80%	5.0	5.6	6.1	6.6	7.0
90%	4.7	5.4	5.8	6.3	6.8
98%	4.4	5.0	5.5	6.0	6.4
100%	4.2	4.3	4.8	5.3	5.8

Tabla No 26

Falla de Chixoy-Polochic					
Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo					
Ln (A) según fórmula de Taylor Castillo					
D= 8 km					
Probabilidad de excedencia	Ln A, t=10 años	Ln A, t=25 años	Ln A, t=50 años	Ln A, t=100 años	Ln A, t=200 años
10%	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0
20%	1.8	2.1	2.3	2.5	2.8
30%	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6
40%	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5
50%	1.5	1.8	2.0	2.2	2.4
60%	1.4	1.7	1.9	2.1	2.3
70%	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2
80%	1.2	1.5	1.7	1.9	2.1
90%	1.1	1.4	1.6	1.8	2.0

Tabla No 27

Falla de Chixoy-Polochic						
Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo						
A según fórmula de Taylor Castillo						
Probabilidad de excedencia	D= 8 km					
	A, t=10 años	A, t=25 años	A, t=50 años	A, t=100 años	A, t=200 años	
10%	0.8	1.1	1.3	1.6	2.0	
20%	0.6	0.8	1.1	1.3	1.6	
30%	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	
40%	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	
50%	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	
60%	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	
70%	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	
80%	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	
90%	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	
98%	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	
100%	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	

Tabla No 28

Falla del Motagua						
Probabilidad de excedencia para magnitudes mb						
Probabilidad de excedencia	mb, t=10 años	mb, t=25 años	mb, t=50 años	mb, t=100 años	mb, t=200 años	
10%	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20%	7.2	NA	NA	NA	NA	NA
30%	6.8	7.5	NA	NA	NA	NA
40%	6.6	7.2	NA	NA	NA	NA
50%	6.3	7.0	7.5	NA	NA	NA
60%	6.1	6.8	7.3	NA	NA	NA
70%	5.9	6.6	7.1	7.7	NA	NA
80%	5.6	6.4	6.9	7.5	NA	NA
90%	5.4	6.1	6.6	7.2	7.7	7.7
98%	4.9	5.7	6.2	6.7	7.3	7.3
100%	4.2	4.9	5.5	6.1	6.5	6.5

Tabla No 29

Falla del Motagua						
Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo						
Ln(A) según fórmula de Taylor Castillo						
D= 35 km						
Probabilidad de excedencia	Ln A, t=10 años	Ln A, t=25 años	Ln A, t=50 años	Ln A, t=100 años	Ln A, t=200 años	
10%	1.4	1.8	2.0	2.2	-2.1	
20%	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	
30%	1.0	1.3	1.6	1.8	2.0	
40%	0.9	1.2	1.4	1.7	1.9	
50%	0.8	1.1	1.3	1.6	1.8	
60%	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	
70%	0.6	0.9	1.1	1.4	1.6	
80%	0.4	0.8	1.0	1.3	1.5	
90%	0.3	0.7	0.9	1.2	1.4	
98%	0.1	0.5	0.7	0.9	1.2	
100%	-0.2	0.1	0.4	0.7	0.8	

Tabla No 30

Falla del Motagua						
Probabilidad de excedencia de la aceleración pico del suelo						
A según fórmula de Taylor Castillo						
D= 35 km						
Probabilidad de excedencia	A, t=10 años	A, t=25 años	A, t=50 años	A, t=100 años	A, t=200 años	
10%	0.4	0.6	0.7	0.9	0.9	
20%	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	
30%	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	
40%	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	
50%	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	
60%	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6	
70%	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	
80%	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	
90%	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	
98%	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	
100%	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	

VI. CONCLUSIONES

1. La magnitud máxima probable que puede generar la falla del Motagua es de 7.76, y la probabilidad de que esta sea excedida en un período de 100 años es del 66%
2. La magnitud máxima probable que puede generar la falla de Chixoy-Polochic es de 7.36, y la probabilidad de que esta sea excedida en un período de 100 años es del 40.4%
3. Para los mismos períodos de diseño y probabilidades de excedencia, los valores de la aceleración pico del suelo para la falla del Motagua oscilan entre un 60% a 70% de los valores de la aceleración pico del suelo para la falla de Chixoy-Polochic. Esto se debe a que la distancia entre el sitio de la presa y la falla del Motagua (35 km) es mayor que la distancia entre el sitio de la presa y la falla de Chixoy-Polochic.
4. De lo anterior se puede inferir que la amenaza sísmica que presenta la falla de Chixoy-Polochic es mayor que la de Motagua.
5. Tanto para la falla de Chixoy-Polochic como para la de Motagua existe una buena concordancia entre los valores de aceleración pico del suelo que predice la relación de atenuación de CEPREDENAC con los de Taylor Castillo, aunque estos últimos son un poco mayores.
6. Tanto la relación de atenuación de CEPREDENAC como la de Taylor Castillo predicen sismos de magnitudes superiores a las máximas probables que puede generar la falla de Chixoy-Polochic y la de Motagua. Esto ocurre principalmente para períodos de 100 y 200 años y probabilidades de excedencia de 10% o menores, por lo que las aceleraciones correspondientes a dichos valores no pueden ser utilizadas en el diseño porque están fuera de la realidad.
7. Se ha logrado verificar la hipótesis planteada al presentar un método concreto para el análisis de amenaza sísmica para un sitio determinado.

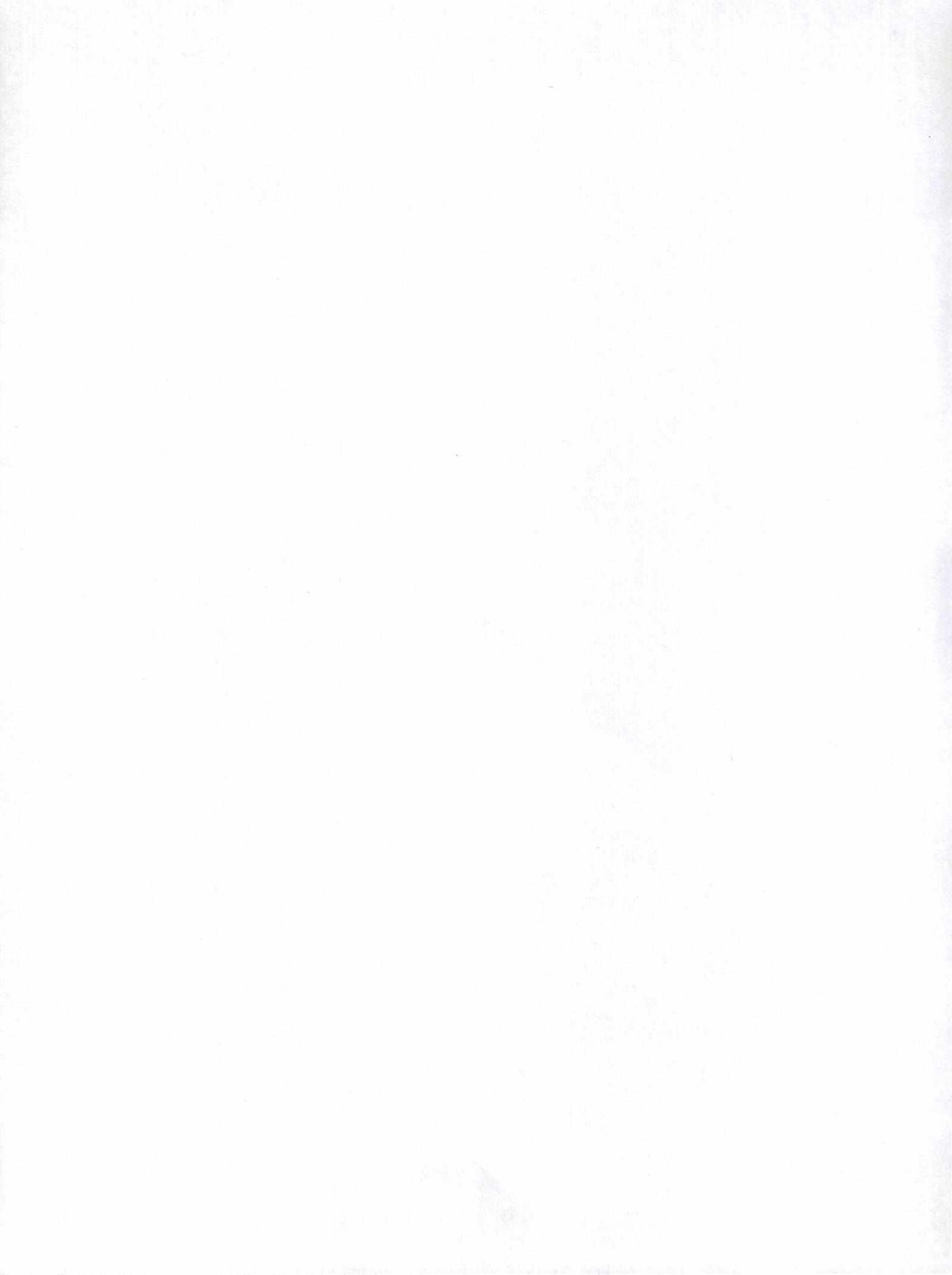
VII RECOMENDACIONES

1. El presente trabajo es un estudio preeliminar de la amenaza sísmica para un sitio específico y sus valores de aceleración pueden ser utilizados para los diseños preliminares de la presa. Para el diseño final es recomendable reevaluar los valores de diseño presentados, por medio de la utilización de un catálogo sísmico más amplio.
2. No se tomó en cuenta la influencia de la zona de subducción debido a que ésta se encuentra a más de 200 km del sitio de la presa; y considero que los sismos generados en dicha zona provocarán aceleraciones muy por debajo de las utilizadas en el diseño de la presa con las fuentes Chixoy-Polochic y Motagua, pero si es recomendable evaluar esta teoría en un próximo estudio.
3. Debido a los altos valores de aceleración obtenidos, a la cercanía de la presa con la falla de Chixoy-Polochic y a la existencia de un núcleo poblacional aguas abajo de la presa, se recomienda descartar el presente sitio para la realización del proyecto, pues el riesgo es demasiado alto y la falla de la presa tendría fuertes consecuencias económicas y la pérdida de vidas humanas.

VIII BIBLIOGRAFIA

1. Boore ,David; Ambraseys, Nick. 1993. <<Some notes concerning prediction of ground motions for GSHAP.>> *Annali di geofisica*, vol36.
2. Burbach; Frohlich; Pennington y Matumoto. 1984. <<Seismicity and tectonics of the subducted Cocos Plate.>> *Journal of geophysical research*, Vol. 89,
3. Campbell, Kenneth. 1985. <<Strong-motion attenuation relationships.>> *U.S. Geological Survey*, vol 4, 1985.
4. Espinosa, A.F. 1976. <<The Guatemalan earthquake of february 4, 1976, A preliminary report.>> *U.S. Geological Survey*, profesional paper 1002.
5. Joyner, William; Boore, David. 1988. <<Measurement, characterization and prediction of strong ground motion. >> *Proceedings of Earthquake Engineering and Soil Dynamics II*, ASCE, june 1988.
6. Kiremidjian, Anne; Shah, Haresh; Lubetkin, Lester. 1980. <<Seismic hazard mapping for Guatemala. >> *John A Blume Earthquake Engineering Center*, Department of Civil Engineering, Standford University.
7. Luna; Tobar; Flores;López; Pérez. 1993. << Evaluación de la amenaza sísmica para la ciudad de Guatemala.>> *CESEM*.
8. Shedlock, Kaye. 1999. <<Seismic hazard map of North and Central America and the Caribbean.>> *U.S. Geological Survey*
9. Seed Bolton; Ugas, Celso; Lysmer, John. 1976. << Site-dependent spectra for earthquake-resistant design.>> *Bulletin of Seismological society of America*, Vol 66.
10. Montero de Miranda, Francisco. 1577. << Memorias sobre la provincia de Verapaz.>>, pág 5.

APENDICES



Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
1	23-Feb-59	13:34	14.7	-91.3	119	5.6	Mb
2	09-Mar-59	06:04	14.8	-90.1	33	4.3	Mb
3	02-Jun-59	14:25	15.3	-91.5	33	4.2	Mb
4	10-Jul-59	07:04	16.8	-91.3	33	3.5	Mb
5	14-Jul-59	16:32	14.4	-90.2	33	3.8	Mb
6	06-Ago-59	09:35	14.6	-91.3	245	3.9	Mb
7	25-Ago-59	01:30	14.4	-91.3	33	3.8	Mb
8	13-Sep-59	09:43	15	-91	130	4.1	Mb
9	18-Oct-59	21:22	15.2	-89.2	33	3.9	Mb
10	27-Oct-59	02:25	14.8	-90.8	33	3.9	Mb
11	26-Dic-59	03:57	14.5	-90.7	33	3.9	Mb
12	17-Ene-60	21:57	16.1	-89.3	33	3.8	Mb
13	07-Feb-60	09:59	14.4	-91.3	33	4.1	Mb
14	12-Mar-60	21:08	14.5	-90.9	33	4.8	Mb
15	02-Jul-60	11:03	15	-88.2	60	3.8	Mb
16	30-Jul-60	12:44	14.4	-88.9	68	3.8	Mb
17	13-Sep-60	15:45	15.5	-90.8	38	4.8	Mb
18	14-Sep-60	05:09	15.1	-91	33	3.8	Mb
19	14-Sep-60	07:51	15.4	-90.6	33	3.9	Mb
20	14-Sep-60	21:56	15.3	-90.8	74	4.4	Mb
21	21-Oct-60	15:10	15.7	-91.4	33	3.8	Mb
22	26-Nov-60	23:50	15.8	-89.4	33	4	Mb
23	01-Feb-61	03:46	14.3	-90.4	94	4.6	Mb
24	02-Feb-61	18:35	16.1	-90.3	33	4.1	Mb
25	25-Jul-61	13:06	14.9	-90.9	133	3.8	Mb
26	27-Jul-61	13:20	14.5	-90.3	220	4.3	Mb
27	28-Ago-61	01:26	14.8	-91.5	33	3.9	Mb
28	26-Nov-61	19:50	17	-88.1	34	4	Mb
29	10-Dic-61	15:30	14.2	-90.8	33	4.2	Mb
30	13-Dic-61	14:21	14.5	-89.7	273	4.9	Mb
31	28-Ene-62	14:40	16.6	-91.2	33	4.7	Mb
32	14-Feb-62	00:16	14.5	-91.5	71	4.4	Mb
33	14-Feb-62	14:54	14.5	-91.1	137	3.9	Mb
34	12-Mar-62	21:46	14.2	-88.4	36	4.2	Mb
35	31-May-62	02:52	14.7	-91.2	26	3.6	Mb
36	22-Jun-62	13:33	14.6	-91.3	33	4.2	Mb
37	11-Ago-62	08:53	14.7	-91.1	33	3.8	Mb
38	11-Ago-62	14:40	14.3	-89.9	77	3.8	Mb
39	07-Sep-62	06:43	14.7	-91.5	62	3.5	Mb
40	25-Oct-62	05:55	16.8	-91.1	18	4	Mb
41	25-Oct-62	20:43	15.2	-90.6	20	4.4	Mb
42	04-Dic-62	16:11	14.4	-90.5	53	4.2	Mb
43	11-Dic-62	12:35	14.3	-91	52	3.9	Mb
44	09-Ene-63	17:18	16.957	-91.094	33	4.2	Mb
45	13-Ene-63	15:58	16.929	-91.19	5	4.3	Mb
46	07-Mar-63	23:07	15.101	-88.782	76	4.2	Mb
47	08-Mar-63	14:08	14.537	-91.473	102	4.7	Mb
48	10-Mar-63	16:39	14.572	-91.489	27	3.7	Mb
49	16-Abr-63	04:27	15.196	-90.023	205	4.5	Mb

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
50	14-Ago-63	02:56	14.7	-90.7	45	4.5	Mb
51	26-Ago-63	06:32	14.2	-89.6	65	4.3	Mb
52	25-Sep-63	12:14	15	-91.3	122	4	Mb
53	03-Oct-63	00:12	15.7	-88.6	33	4.4	Mb
54	11-Oct-63	03:17	14.4	-90.4	190	3.9	Mb
55	03-Nov-63	22:29	14.2	-89.7	24	4	Mb
56	14-Nov-63	22:02	14.3	-90.4	26	4.6	Mb
57	10-Ene-64	20:48	14.3	-89.9	197	4.4	Mb
58	05-May-64	14:37	14.641	-90.821	123	5.1	Mb
59	06-Jul-64	19:49	14.678	-88.939	134	4.5	Mb
60	13-Jul-64	03:55	15.237	-88.843	14	4.5	Mb
61	01-Oct-64	02:45	14.207	-90.989	99	4.5	Mb
62	13-Ene-65	20:08	14.903	-91.231	113	4.1	Mb
63	28-May-65	20:25	14.722	-90.595	218	4.8	Mb
64	28-Ago-65	13:53	14.465	-90.989	118	4.3	Mb
65	14-Oct-65	11:54	14.32	-90.994	105	4.4	Mb
66	14-Nov-65	16:40	14.575	-90.405	121	3.9	Mb
67	07-Ene-66	16:18	15.335	-90.507	25	4.4	Mb
68	30-Ene-66	22:23	15.727	-88.75	46	5	Mb
69	07-Feb-66	16:19	14.67	-90.237	33	4.6	Mb
70	23-Mar-66	08:24	14.443	-90.324	197	4.2	Mb
71	24-May-66	04:56	15.873	-89.319	35	4.1	Mb
72	15-Nov-66	06:17	14.277	-90.188	204	4.6	Mb
73	02-Feb-67	14:48	14.382	-91.388	95	4.9	Mb
74	27-May-67	14:12	14.834	-91.405	124	5.4	Mb
75	12-Jun-67	03:54	14.254	-91.3	104	4.3	Mb
76	05-Ago-67	19:52	14.298	-90.834	87	4.6	Mb
77	11-Oct-67	09:44	15.844	-91.172	36	5.7	Ms
78	12-Oct-67	01:52	15.937	-91.144	33	4.5	Mb
79	17-Oct-67	16:40	15.941	-91.138	36	4.7	Mb
80	21-Oct-67	17:49	15.78	-91.239	20	4.5	Mb
81	22-Nov-67	10:24	14.412	-90.171	190	4.6	Mb
82	14-Dic-67	22:04	15.047	-91.088	264	4.7	Mb
83	14-Ene-68	19:21	15.958	-90.988	33	4.7	Mb
84	25-Feb-68	15:25	15.987	-91.022	33	4.6	Mb
85	21-Mar-68	07:16	16.038	-90.948	16	4.3	Mb
86	28-Mar-68	15:08	14.417	-90.777	82	4.2	Mb
87	29-Sep-68	11:15	14.366	-91.366	119	4.4	Mb
88	16-Nov-68	14:55	15.614	-91.462	222	5.2	Mb
89	24-Dic-68	00:26	15.215	-88.943	34	4.6	Mb
90	21-Feb-69	07:38	14.504	-90.977	100	4.6	Mb
91	09-Abr-69	21:05	15.314	-91.453	88	4.1	Mb
92	03-May-69	00:30	14.925	-91.161	131	4.1	Mb
93	23-May-69	19:34	14.71	-91.234	100	5.2	Mb
94	09-Jun-69	17:35	14.203	-91.402	92	4.6	Mb
95	25-Jun-69	07:24	14.29	-90.706	38	4.5	Mb
96	05-Nov-69	01:02	14.447	-91.38	111	4.7	Mb
97	09-Nov-69	19:46	14.636	-90.219	243	4.6	Mb
98	27-Nov-69	06:45	14.497	-89.995	230	5	Mb

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
99	13-Abr-70	06:55	14.712	-91.312	138	5.3	Mb
100	25-Ago-70	06:27	15.951	-91.041	33	5.1	Mb
101	11-Oct-70	05:32	14.521	-91.445	105	4.1	Mb
102	16-Oct-70	19:54	14.373	-91.05	160	4.4	Mb
103	22-Oct-70	13:36	14.694	-90.585	231	4.6	Mb
104	23-Dic-70	02:10	14.259	-90.08	155	5.4	Mb
105	27-Dic-70	23:49	14.974	-91.062	186	4.6	Mb
106	10-Ene-71	18:07	14.537	-91.446	104	4.6	Mb
107	19-Feb-71	03:23	14.511	-91.121	143	4.6	Mb
108	23-Mar-71	07:15	15.131	-90.813	33	4.5	Mb
109	03-Abr-71	14:36	14.379	-91.365	143	4.2	Mb
110	12-Ago-71	23:07	14.528	-89.877	256	4.7	Mb
111	29-Sep-71	15:35	14.324	-91.03	107	4.8	Mb
112	17-Ene-72	08:08	14.595	-91.226	131	4.5	Mb
113	03-Feb-72	09:01	15.324	-89.101	5	7.5	Ms
114	03-Feb-72	09:30	14.943	-90.562	5	5.4	Mb
115	03-Feb-72	11:24	14.696	-90.879	5	4.7	Mb
116	03-Feb-72	12:57	15.421	-89.223	5	4.3	Mb
117	03-Feb-72	16:40	15.361	-89.184	5	4.5	Mb
118	03-Feb-72	17:20	15.856	-88.286	5	4.4	Mb
119	04-Feb-72	01:00	14.733	-91.166	5	4.4	Mb
120	04-Feb-72	04:09	15.232	-90.626	5	4.3	Mb
121	05-Feb-72	01:57	15.363	-90.278	5	4	Mb
122	05-Feb-72	04:11	14.872	-91.014	5	4.7	Mb
123	05-Feb-72	18:11	14.316	-90.432	5	5	Mb
124	05-Feb-72	18:19	14.764	-90.61	5	5.7	Mb
125	06-Feb-72	02:28	14.335	-90.886	5	4.3	Mb
126	07-Feb-72	04:38	14.392	-90.515	5	3.9	Mb
127	07-Feb-72	08:13	15.571	-88.466	5	5.6	Ms
128	08-Feb-72	11:44	15.319	-89.073	5	5.2	Mb
129	09-Feb-72	02:28	14.921	-90.778	5	4.2	Mb
130	09-Feb-72	06:17	14.833	-89.798	5	4.9	Mb
131	09-Feb-72	17:35	14.515	-88.964	5	4.6	Mb
132	18-Feb-72	22:56	14.3	-90.335	61	4.9	Mb
133	23-Feb-72	06:25	14.221	-90.418	5	4.4	Mb
134	06-Mar-72	02:54	14.728	-91.016	5	5.1	Mb
135	06-Mar-72	03:15	14.808	-90.889	5	5.1	Mb
136	08-Mar-72	07:42	14.869	-90.943	5	5.2	Mb
137	12-Mar-72	16:30	14.767	-91.061	5	5.4	Mb
138	25-Abr-72	15:24	15.016	-89.607	5	4.1	Mb
139	14-May-72	12:56	14.273	-90.859	83	4.4	Mb
140	13-Jul-72	09:23	15.571	-88.042	33	4.6	Mb
141	02-Ago-72	10:36	14.26	-91.071	106	4.2	Mb
142	22-Ago-72	03:41	14.775	-89.649	88	4.5	Mb
143	01-Sep-72	04:15	15.634	-88.487	43	4.3	Mb
144	08-Dic-72	04:24	14.356	-90.214	199	4.7	Mb
145	12-Mar-73	07:36	14.36	-91.329	183	4.5	Mb
146	06-Abr-73	20:28	14.757	-91.239	33	4.9	Mb
147	15-Abr-73	11:20	15.864	-91.457	33	4.5	Mb

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
148	20-Abr-73	15:08	14.741	-91.5	109	4.9	Mb
149	14-Ago-73	05:54	14.399	-90.963	121	4.3	Mb
150	24-Oct-73	06:33	14.966	-91.223	117	4.8	Mb
151	27-Nov-73	04:36	15.335	-91.433	225	5.1	Mb
152	21-Feb-74	06:07	14.249	-91.378	100	5.7	Mb
153	03-Mar-74	17:35	14.341	-91.334	101	5.2	Mb
154	29-Mar-74	19:30	15.047	-90.304	33	5.1	Mb
155	14-Abr-74	17:18	14.2	-91.386	107	5.2	Mb
156	23-Jun-74	00:11	17.142	-91.036	33	4.6	Mb
157	28-Jul-74	14:37	14.843	-91.022	10	4.9	Mb
158	17-Ago-74	15:35	14.374	-91.454	96	5.5	Mb
159	09-Sep-74	23:24	14.27	-91.497	94	5.6	Mb
160	23-Sep-74	23:41	15.348	-90.868	33	4.7	Mb
161	06-Mar-75	16:58	14.626	-88.762	66	4.9	Mb
162	07-Mar-75	13:18	14.37	-91.423	139	4.3	Mb
163	06-Abr-75	13:34	14.663	-90.575	92	4.5	Mb
164	14-May-75	22:44	15.697	-88.428	33	4.6	Mb
165	08-Oct-75	07:49	14.321	-90.082	33	5	Mb
166	09-Oct-75	02:20	15.562	-88.661	33	4.8	Mb
167	12-Nov-75	04:19	14.565	-91.154	130	4.9	Mb
168	09-Dic-75	06:13	15.199	-91.45	185	4.9	Mb
169	19-Dic-75	12:08	14.324	-90.201	238	4.6	Mb
170	07-Ene-76	16:43	14.276	-91.362	89	4.5	Mb
171	09-Feb-76	19:26	14.251	-91.051	92	4.4	Mb
172	10-Feb-76	08:56	14.261	-90.836	33	3.9	Mb
173	10-Feb-76	23:27	14.342	-90.24	33	4.8	Mb
174	20-Abr-76	13:17	14.558	-89.839	33	4.6	Mb
175	12-May-76	17:20	14.225	-90.032	47	4.8	Mb
176	17-May-76	07:09	14.716	-91.317	105	5.3	Mb
177	27-Jul-76	17:16	15.78	-88.71	33	4.3	Mb
178	08-Ago-76	05:45	15.888	-88.516	22	6.4	Ms
179	01-Sep-76	10:28	15.909	-88.291	25	5.3	Mb
180	20-Oct-76	05:40	14.603	-91.173	104	4.2	Mb
181	06-Nov-77	22:02	14.595	-90.416	200.2	5.3	Mb
182	30-Dic-77	02:44	15.139	-90.94	33	4.1	Mb
183	30-Abr-78	02:07	15.626	-90.306	33	4.9	Mb
184	13-Jun-78	22:54	14.271	-90.288	91	4.7	Mb
185	28-Sep-78	03:48	14.547	-89.131	15	5.1	Mb
186	28-Sep-78	05:50	14.487	-89.121	12	5.5	Mb
187	02-Oct-78	21:38	14.442	-89.209	29.2	4.4	Mb
188	15-Oct-78	06:35	14.373	-89.354	33	4.5	Mb
189	20-Oct-78	20:52	15.195	-90.878	33	4.7	Mb
190	24-Oct-78	10:19	14.42	-90.533	192	4.6	Mb
191	08-Nov-78	11:46	14.299	-91.263	100.6	4.7	Mb
192	16-Ene-79	17:52	14.249	-91.072	83	5	Mb
193	17-Feb-79	07:41	14.736	-91.046	150	4.6	Mb
194	14-Abr-79	01:35	15.541	-88.663	10	4.9	Mb
195	08-Jun-79	22:07	14.379	-91.391	116.5	4.5	Mb
196	03-Ago-79	13:52	14.429	-91.277	87	5.1	Mb

Tabla No. 1. Catálogo Sísmico

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
197	15-Oct-79	09:39	15.117	-91.467	182.5	4.7	Mb
198	07-Ene-80	00:57	15.093	-91.376	186.1	4.7	Mb
199	13-Jun-80	01:49	14.217	-91.35	33	4.2	Mb
200	18-Ago-80	11:06	14.872	-89.834	33	4.3	Mb
201	30-Oct-80	20:44	14.282	-89.796	259.2	4.2	Mb
202	22-Nov-80	10:51	15.925	-88.784	33	4.1	Mb
203	22-Nov-80	19:27	14.55	-90.736	213.2	4.8	Mb
204	17-Dic-80	16:06	14.255	-91.405	33	4.5	Mb
205	12-Jun-81	11:42	14.729	-90.546	222.6	5	Mb
206	01-Sep-81	19:28	14.284	-91.124	145.7	4.1	Mb
207	07-Sep-81	15:29	14.326	-91.279	33	4.6	Mb
208	10-Oct-81	03:39	15.299	-90.863	5	4.5	Mb
209	12-Nov-81	04:12	15.9	-91.172	33	4.3	Mb
210	14-Feb-82	21:37	14.774	-91.414	136.1	5.3	Mb
211	04-Abr-82	12:52	15.943	-88.454	10.1	4	Mb
212	03-May-82	17:56	14.28	-91.5	33	4.7	Mb
213	27-Dic-82	07:31	15.335	-89.753	5	4.4	Mb
214	10-Mar-83	23:28	14.244	-91.479	80.4	4.6	Mb
215	12-Mar-83	09:36	14.439	-91.279	88.4	4.4	Mb
216	23-Ago-83	14:28	15.332	-89.209	10	4.5	Mb
217	12-Sep-83	11:20	14.272	-89.979	123.4	5.6	un
218	18-Ene-84	11:36	14.406	-90.84	164.7	4.9	Mb
219	06-May-84	07:45	14.204	-90.905	165.7	4.4	Mb
220	21-May-84	19:42	14.527	-90.586	10	4.4	Mb
221	21-May-84	19:44	14.527	-90.585	16.4	4.6	Mb
222	06-Jun-84	01:41	14.556	-90.537	7.7	4.2	Mb
223	01-Jul-84	05:47	16.004	-91.301	31.1	4.2	Mb
224	19-Jul-84	01:18	14.39	-90.292	193.6	4.7	Mb
225	04-Sep-84	06:56	14.237	-90.508	182.3	4.6	Mb
226	14-Oct-84	08:02	14.632	-90.828	42.1	4.6	Mb
227	14-Oct-84	10:13	14.683	-90.875	33	4.8	Mb
228	28-May-85	21:49	15.788	-89.948	24.4	5	Mb
229	22-Jun-85	09:02	14.251	-91.177	94.6	4.3	Mb
230	28-Jun-85	06:51	15.772	-89.966	6.7	4.9	Mb
231	25-Jul-85	16:08	14.427	-91.416	61.5	4.8	Mb
232	06-Ago-85	12:11	14.34	-90.524	139.3	4.4	Mb
233	30-Jul-86	09:55	14.23	-91.081	93.1	4.5	Mb
234	11-Sep-86	06:06	14.819	-91.479	33	4.4	Mb
235	27-Oct-86	01:18	14.254	-90.038	184.6	4.5	Mb
236	21-Feb-87	08:17	17.011	-91.211	33	3.6	Mb
237	01-Mar-87	03:32	14.407	-89.785	261.2	4.5	Mb
238	17-Sep-87	09:48	14.646	-90.986	5	5.7	Mb
239	17-Sep-87	12:28	14.34	-91.371	77.1	4.4	Mb
240	17-Sep-87	23:34	14.568	-90.953	5	4.7	Mb
241	01-Oct-87	15:37	15.181	-90.323	33	4.4	Mb
242	13-Oct-87	15:46	14.282	-90.8	31.5	4.4	Mb
243	10-Feb-88	06:44	14.244	-90.639	72.5	4.2	Mb
244	14-Feb-88	18:47	16.087	-88.506	33	4.5	Mb
245	23-Sep-88	06:10	14.319	-91.447	33	4.6	Mb

Tabla No. 1. Catálogo Sísmico

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
246	10-Oct-88	07:39	15.262	-91.293	21.4	4.5	Mb
247	30-Oct-88	18:12	14.253	-90.772	179.8	4.7	Mb
248	12-Ene-89	09:41	14.239	-90.21	185	4.5	Mb
249	04-Feb-89	06:00	15.143	-88.256	139.7	4.6	Mb
250	12-Mar-89	09:45	14.91	-90.727	33	4.2	Mb
251	15-Mar-89	08:36	15.455	-90.168	33	4	Mb
252	15-Abr-89	13:01	15.542	-91.447	33	4	un
253	17-Abr-89	07:27	14.742	-91.148	33	3.8	Mb
254	18-Abr-89	00:18	14.285	-90.183	33	4.4	Mb
255	18-Abr-89	01:52	14.882	-90.567	33	4.2	Mb
256	31-Jul-89	15:32	14.722	-90.977	237.2	4.3	Mb
257	21-Ago-89	10:02	14.238	-90.701	108	5.8	un
258	26-Sep-89	06:47	14.379	-90.43	33	4.3	Mb
259	26-Oct-89	15:10	15.137	-88.89	33	4.5	un
260	18-Ene-90	23:40	14.565	-90.992	10	3.8	un
261	27-Ene-90	21:17	14.299	-91.375	72	4.1	Mb
262	30-Abr-90	20:23	14.867	-91.324	157.6	5.2	un
263	01-May-90	18:41	14.288	-90.229	10	4.7	Mb
264	03-Jun-90	22:30	14.763	-90.732	223.3	4.5	un
265	08-Jun-90	22:21	15.827	-88.444	34.4	4.8	un
266	10-Jul-90	19:51	14.323	-91.083	67.8	4.6	un
267	31-Dic-90	08:23	14.256	-89.983	224.5	3.8	Mb
268	01-Ene-91	14:02	14.675	-90.647	33	4.2	un
269	12-Ago-91	21:23	14.752	-91.061	23	4.2	Mb
270	19-Nov-91	14:35	14.414	-90.468	10	3.9	Mb
271	19-Nov-91	14:39	14.352	-90.366	10	3.8	Mb
272	20-Nov-91	21:09	15.077	-89.466	10	4.3	Mb
273	17-Dic-91	21:13	15.923	-90.189	29.5	4.5	Mb
274	18-Dic-91	20:56	15.301	-90.154	10	5.4	Mw
275	21-Dic-91	17:38	15.937	-90.476	35.8	4.4	Mb
276	30-Dic-91	20:30	15.954	-90.493	30.9	4.4	Mb
277	07-Ene-92	01:19	15.015	-90.598	33	3.8	Mb
278	08-Ene-92	22:43	15.488	-90.102	33	4.3	Mb
279	13-Feb-92	22:37	16.381	-90.784	100	4.1	Mb
280	15-Feb-92	21:59	14.61	-91.495	100	3.5	Mb
281	15-Feb-92	22:36	14.312	-91.007	100	4	Mb
282	16-Feb-92	10:23	14.21	-91.174	95.5	5.1	Mb
283	12-Abr-92	14:37	16.923	-91.267	33	3.9	Mb
284	16-May-92	17:48	16.242	-91.247	50	4	Mb
285	06-Sep-92	19:34	14.213	-90.239	33	4.1	Mb
286	21-Sep-92	19:55	15.028	-90.986	204.2	4.7	Mb
287	07-Dic-92	21:38	14.922	-90.665	33	3.8	Mb
288	08-Dic-92	07:03	14.398	-91.219	87.5	3.4	Mb
289	16-Dic-92	07:17	14.4	-91.499	64.4	4.5	Mb
290	27-Dic-92	17:40	14.687	-91.321	100	3.8	Mb
291	23-Ene-93	06:15	15.904	-91.301	50	4.6	Mb
292	12-Mar-93	06:59	14.216	-89.863	250	4.6	Mb
293	14-Mar-93	19:47	14.255	-91.496	33	4.3	Mb
294	21-Mar-93	20:32	14.349	-91.373	73.2	4	Mb

Tabla No. 1. Catálogo Sísmico

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
295	06-Abr-93	15:59	14.418	-90.668	200	3.8	Mb
296	11-May-93	23:10	14.244	-90.981	33	3.9	Mb
297	14-May-93	04:39	14.46	-89.775	274.2	5.5	Mw
298	06-Jun-93	11:44	14.29	-91.44	33	4.1	Mb
299	17-Oct-93	19:10	14.744	-88.896	33	4.6	Mb
300	26-Nov-93	18:40	14.483	-91.148	33	3.9	Mb
301	08-Dic-93	23:42	14.505	-90.959	33	4.2	Mb
302	09-Ene-94	08:20	14.374	-91.473	33	6.6	Mw
303	11-Ene-94	09:39	14.272	-91.335	33	3.8	Mb
304	14-Ene-94	05:21	14.418	-91.225	33	3.6	Mb
305	17-Feb-94	10:49	14.429	-91.296	33	3.6	Mb
306	26-Feb-94	02:56	14.401	-91.333	33	3.7	Mb
307	02-Mar-94	02:24	14.38	-91.466	62.8	6.2	Mw
308	03-Mar-94	14:42	14.358	-91.38	33	4.4	Mb
309	20-Mar-94	12:02	14.319	-90.088	217.7	4.3	Mb
310	14-Abr-94	12:05	14.559	-90.262	248.2	4.5	Mb
311	29-Abr-94	11:11	14.415	-91.174	33	3.6	Mb
312	27-May-94	09:58	15.732	-90.98	33	4.4	Mb
313	02-Jun-94	12:12	14.828	-91.145	250	4.1	Mb
314	13-Jun-94	08:09	14.704	-91.166	33	4	Mb
315	11-Jul-94	22:31	14.466	-90.793	33	4.3	Mb
316	25-Jul-94	14:16	15.727	-91.227	33	3.6	Mb
317	30-Jul-94	06:12	14.704	-90.628	228.1	4.5	Mb
318	15-Ago-94	14:48	14.25	-89.981	202	4.7	Mb
319	11-Nov-94	21:13	14.925	-91.32	100	3.4	Mb
320	04-Ene-95	13:49	14.604	-91.136	200	4.6	Mb
321	11-Ene-95	04:41	14.769	-88.129	33	4	Mb
322	05-Feb-95	15:22	14.403	-91.396	91.9	4.3	Mb
323	07-Feb-95	08:34	14.801	-88.004	33	4.7	Mb
324	22-Mar-95	17:30	14.443	-88.444	33	4.6	Mb
325	22-Mar-95	22:22	14.434	-88.531	33	4.5	I
326	28-Mar-95	01:27	14.433	-88.399	33	5.1	Mb
327	29-Mar-95	18:46	14.365	-88.415	33	4	Mb
328	12-Abr-95	08:17	14.308	-90.762	33	3.7	Mb
329	16-Abr-95	15:30	14.229	-91.341	62.4	4.6	Mb
330	21-Abr-95	20:55	14.303	-90.803	33	4	Mb
331	24-Abr-95	05:18	14.31	-91.443	200	4.4	Mb
332	25-Abr-95	02:13	14.672	-88.492	33	3.6	Mb
333	13-May-95	03:01	17.365	-91.436	93.7	4.2	Mc
334	17-May-95	21:37	14.947	-91.281	33	3.4	Mb
335	27-May-95	13:28	14.786	-91.087	196	4.6	Mb
336	25-Jun-95	21:25	14.331	-90.768	175.9	4.4	Mb
337	10-Jul-95	14:14	15.782	-88.33	10	6.7	Mw
338	10-Jul-95	14:31	15.828	-88.61	10	4.8	Mb
339	10-Jul-95	14:53	15.773	-88.907	10	4.2	Mb
340	10-Jul-95	20:09	15.73	-88.572	10	4.5	Mb
341	10-Jul-95	20:17	15.26	-88.415	10	4.5	Mb
342	13-Jul-95	12:06	15.922	-88.514	10	4.5	Mb
343	13-Jul-95	13:12	15.764	-89.283	10	3.9	Mb

Tabla No. 1. Catálogo Sísmico

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
344	18-Jul-95	17:56	15.654	-88.317	10	4.6	Mb
345	11-Ago-95	09:35	15.86	-88.523	10	4.2	Mb
346	29-Ago-95	13:17	14.406	-90.83	104.1	4.3	Mb
347	17-Sep-95	21:23	14.456	-91.354	33	4.1	Mb
348	30-Sep-95	03:21	14.86	-91.201	33	3.7	Mb
349	11-Dic-95	17:57	14.765	-91.186	157.5	5.8	Mw
350	24-Mar-96	11:26	15.034	-91.495	164.9	4.4	Mb
351	27-Abr-96	15:58	15.045	-90.379	33	3.2	Mb
352	27-Abr-96	20:25	14.355	-90.856	73.4	3.9	Mb
353	17-May-96	06:03	15.518	-90.881	33	3.2	Mb
354	08-Jun-96	11:26	14.383	-90.38	33	5	Mb
355	09-Ago-96	09:22	14.569	-90.928	135.1	4	Mb
356	18-Ago-96	01:02	14.857	-91.16	199.4	4.1	Mc
357	18-Oct-96	15:52	14.455	-89.251	33	4.2	Mb
358	07-Nov-96	09:15	14.918	-89.885	33	4.6	Mb
359	08-Nov-96	03:44	14.868	-91.014	179	4.4	Mb

Tabla No. 3. Sismos con $5.0 < M_b < 6.0$

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
68	30-Ene-66	22:23	15.727	-88.75	46	5	Mb
98	27-Nov-69	06:45	14.497	-89.995	230	5	Mb
123	05-Feb-72	18:11	14.316	-90.432	5	5	Mb
165	08-Oct-75	07:49	14.321	-90.082	33	5	Mb
192	16-Ene-79	17:52	14.249	-91.072	83	5	Mb
205	12-Jun-81	11:42	14.729	-90.546	222.6	5	Mb
228	28-May-85	21:49	15.788	-89.948	24.4	5	Mb
354	08-Jun-96	11:26	14.383	-90.38	33	5	Mb
58	05-May-64	14:37	14.641	-90.821	123	5.1	Mb
100	25-Ago-70	06:27	15.951	-91.041	33	5.1	Mb
134	06-Mar-72	02:54	14.728	-91.016	5	5.1	Mb
135	06-Mar-72	03:15	14.808	-90.889	5	5.1	Mb
151	27-Nov-73	04:36	15.335	-91.433	225	5.1	Mb
154	29-Mar-74	19:30	15.047	-90.304	33	5.1	Mb
185	28-Sep-78	03:48	14.547	-89.131	15	5.1	Mb
196	03-Ago-79	13:52	14.429	-91.277	87	5.1	Mb
282	16-Feb-92	10:23	14.21	-91.174	95.5	5.1	Mb
326	28-Mar-95	01:27	14.433	-88.399	33	5.1	Mb
88	16-Nov-68	14:55	15.614	-91.462	222	5.2	Mb
93	23-May-69	19:34	14.71	-91.234	100	5.2	Mb
128	08-Feb-72	11:44	15.319	-89.073	5	5.2	Mb
136	08-Mar-72	07:42	14.869	-90.943	5	5.2	Mb
153	03-Mar-74	17:35	14.341	-91.334	101	5.2	Mb
155	14-Abr-74	17:18	14.2	-91.386	107	5.2	Mb
262	30-Abr-90	20:23	14.867	-91.324	157.6	5.2	un
99	13-Abr-70	06:55	14.712	-91.312	138	5.3	Mb
176	17-May-76	07:09	14.716	-91.317	105	5.3	Mb
179	01-Sep-76	10:28	15.909	-88.291	25	5.3	Mb
181	06-Nov-77	22:02	14.595	-90.416	200.2	5.3	Mb
210	14-Feb-82	21:37	14.774	-91.414	136.1	5.3	Mb
74	27-May-67	14:12	14.834	-91.405	124	5.4	Mb
104	23-Dic-70	02:10	14.259	-90.08	155	5.4	Mb
114	03-Feb-72	09:30	14.943	-90.562	5	5.4	Mb
137	12-Mar-72	16:30	14.767	-91.061	5	5.4	Mb
274	18-Dic-91	20:56	15.301	-90.154	10	5.4	Mw
158	17-Ago-74	15:35	14.374	-91.454	96	5.5	Mb
186	28-Sep-78	05:50	14.487	-89.121	12	5.5	Mb
297	14-May-93	04:39	14.46	-89.775	274.2	5.5	Mw
1	23-Feb-59	13:34	14.7	-91.3	119	5.6	Mb
127	07-Feb-72	08:13	15.571	-88.466	5	5.6	Ms
159	09-Sep-74	23:24	14.27	-91.497	94	5.6	Mb
217	12-Sep-83	11:20	14.272	-89.979	123.4	5.6	un
77	11-Oct-67	09:44	15.844	-91.172	36	5.7	Ms
124	05-Feb-72	18:19	14.764	-90.61	5	5.7	Mb
152	21-Feb-74	06:07	14.249	-91.378	100	5.7	Mb
238	17-Sep-87	09:48	14.646	-90.986	5	5.7	Mb
257	21-Ago-89	10:02	14.238	-90.701	108	5.8	un
349	11-Dic-95	17:57	14.765	-91.186	157.5	5.8	Mw

Tabla No. 4. Sismos con $4.0 < M_b < 5.0$

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
22	26-Nov-60	23:50	15.8	-89.4	33	4	Mb
28	26-Nov-61	19:50	17	-88.1	34	4	Mb
40	25-Oct-62	05:55	16.8	-91.1	18	4	Mb
52	25-Sep-63	12:14	15	-91.3	122	4	Mb
55	03-Nov-63	22:29	14.2	-89.7	24	4	Mb
121	05-Feb-72	01:57	15.363	-90.278	5	4	Mb
211	04-Abr-82	12:52	15.943	-88.454	10.1	4	Mb
251	15-Mar-89	08:36	15.455	-90.168	33	4	Mb
252	15-Abr-89	13:01	15.542	-91.447	33	4	un
281	15-Feb-92	22:36	14.312	-91.007	100	4	Mb
284	16-May-92	17:48	16.242	-91.247	50	4	Mb
294	21-Mar-93	20:32	14.349	-91.373	73.2	4	Mb
314	13-Jun-94	08:09	14.704	-91.166	33	4	Mb
321	11-Ene-95	04:41	14.769	-88.129	33	4	Mb
327	29-Mar-95	18:46	14.365	-88.415	33	4	Mb
330	21-Abr-95	20:55	14.303	-90.803	33	4	Mb
355	09-Ago-96	09:22	14.569	-90.928	135.1	4	Mb
8	13-Sep-59	09:43	15	-91	130	4.1	Mb
13	07-Feb-60	09:59	14.4	-91.3	33	4.1	Mb
24	02-Feb-61	18:35	16.1	-90.3	33	4.1	Mb
62	13-Ene-65	20:08	14.903	-91.231	113	4.1	Mb
71	24-May-66	04:56	15.873	-89.319	35	4.1	Mb
91	09-Abr-69	21:05	15.314	-91.453	88	4.1	Mb
92	03-May-69	00:30	14.925	-91.161	131	4.1	Mb
101	11-Oct-70	05:32	14.521	-91.445	105	4.1	Mb
138	25-Abr-72	15:24	15.016	-89.607	5	4.1	Mb
182	30-Dic-77	02:44	15.139	-90.94	33	4.1	Mb
202	22-Nov-80	10:51	15.925	-88.784	33	4.1	Mb
206	01-Sep-81	19:28	14.284	-91.124	145.7	4.1	Mb
261	27-Ene-90	21:17	14.299	-91.375	72	4.1	Mb
279	13-Feb-92	22:37	16.381	-90.784	100	4.1	Mb
285	06-Sep-92	19:34	14.213	-90.239	33	4.1	Mb
298	06-Jun-93	11:44	14.29	-91.44	33	4.1	Mb
313	02-Jun-94	12:12	14.828	-91.145	250	4.1	Mb
347	17-Sep-95	21:23	14.456	-91.354	33	4.1	Mb
356	18-Ago-96	01:02	14.857	-91.16	199.4	4.1	Mc
3	02-Jun-59	14:25	15.3	-91.5	33	4.2	Mb
29	10-Dic-61	15:30	14.2	-90.8	33	4.2	Mb
34	12-Mar-62	21:46	14.2	-88.4	36	4.2	Mb
36	22-Jun-62	13:33	14.6	-91.3	33	4.2	Mb
42	04-Dic-62	16:11	14.4	-90.5	53	4.2	Mb
44	09-Ene-63	17:18	16.957	-91.094	33	4.2	Mb
46	07-Mar-63	23:07	15.101	-88.782	76	4.2	Mb
70	23-Mar-66	08:24	14.443	-90.324	197	4.2	Mb
86	28-Mar-68	15:08	14.417	-90.777	82	4.2	Mb
109	03-Abr-71	14:36	14.379	-91.365	143	4.2	Mb
129	09-Feb-72	02:28	14.921	-90.778	5	4.2	Mb
141	02-Ago-72	10:36	14.26	-91.071	106	4.2	Mb
180	20-Oct-76	05:40	14.603	-91.173	104	4.2	Mb

Tabla No. 4. Sismos con $4.0 < M_b < 5.0$

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
199	13-Jun-80	01:49	14.217	-91.35	33	4.2	Mb
201	30-Oct-80	20:44	14.282	-89.796	259.2	4.2	Mb
222	06-Jun-84	01:41	14.556	-90.537	7.7	4.2	Mb
223	01-Jul-84	05:47	16.004	-91.301	31.1	4.2	Mb
243	10-Feb-88	06:44	14.244	-90.639	72.5	4.2	Mb
250	12-Mar-89	09:45	14.91	-90.727	33	4.2	Mb
255	18-Abr-89	01:52	14.882	-90.567	33	4.2	Mb
268	01-Ene-91	14:02	14.675	-90.647	33	4.2	un
269	12-Ago-91	21:23	14.752	-91.061	23	4.2	Mb
301	08-Dic-93	23:42	14.505	-90.959	33	4.2	Mb
333	13-May-95	03:01	17.365	-91.436	93.7	4.2	Mc
339	10-Jul-95	14:53	15.773	-88.907	10	4.2	Mb
345	11-Ago-95	09:35	15.86	-88.523	10	4.2	Mb
357	18-Oct-96	15:52	14.455	-89.251	33	4.2	Mb
2	09-Mar-59	06:04	14.8	-90.1	33	4.3	Mb
26	27-Jul-61	13:20	14.5	-90.3	220	4.3	Mb
45	13-Ene-63	15:58	16.929	-91.19	5	4.3	Mb
51	26-Ago-63	06:32	14.2	-89.6	65	4.3	Mb
64	28-Ago-65	13:53	14.465	-90.989	118	4.3	Mb
75	12-Jun-67	03:54	14.254	-91.3	104	4.3	Mb
85	21-Mar-68	07:16	16.038	-90.948	16	4.3	Mb
116	03-Feb-72	12:57	15.421	-89.223	5	4.3	Mb
120	04-Feb-72	04:09	15.232	-90.626	5	4.3	Mb
125	06-Feb-72	02:28	14.335	-90.886	5	4.3	Mb
143	01-Sep-72	04:15	15.634	-88.487	43	4.3	Mb
149	14-Ago-73	05:54	14.399	-90.963	121	4.3	Mb
162	07-Mar-75	13:18	14.37	-91.423	139	4.3	Mb
177	27-Jul-76	17:16	15.78	-88.71	33	4.3	Mb
200	18-Ago-80	11:06	14.872	-89.834	33	4.3	Mb
209	12-Nov-81	04:12	15.9	-91.172	33	4.3	Mb
229	22-Jun-85	09:02	14.251	-91.177	94.6	4.3	Mb
256	31-Jul-89	15:32	14.722	-90.977	237.2	4.3	Mb
258	26-Sep-89	06:47	14.379	-90.43	33	4.3	Mb
272	20-Nov-91	21:09	15.077	-89.466	10	4.3	Mb
278	08-Ene-92	22:43	15.488	-90.102	33	4.3	Mb
293	14-Mar-93	19:47	14.255	-91.496	33	4.3	Mb
309	20-Mar-94	12:02	14.319	-90.088	217.7	4.3	Mb
315	11-Jul-94	22:31	14.466	-90.793	33	4.3	Mb
322	05-Feb-95	15:22	14.403	-91.396	91.9	4.3	Mb
346	29-Ago-95	13:17	14.406	-90.83	104.1	4.3	Mb
20	14-Sep-60	21:56	15.3	-90.8	74	4.4	Mb
32	14-Feb-62	00:16	14.5	-91.5	71	4.4	Mb
41	25-Oct-62	20:43	15.2	-90.6	20	4.4	Mb
53	03-Oct-63	00:12	15.7	-88.6	33	4.4	Mb
57	10-Ene-64	20:48	14.3	-89.9	197	4.4	Mb
65	14-Oct-65	11:54	14.32	-90.994	105	4.4	Mb
67	07-Ene-66	16:18	15.335	-90.507	25	4.4	Mb
87	29-Sep-68	11:15	14.366	-91.366	119	4.4	Mb
102	16-Oct-70	19:54	14.373	-91.05	160	4.4	Mb

Tabla No. 4. Sismos con $4.0 < M_b < 5.0$

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
118	03-Feb-72	17:20	15.856	-88.286	5	4.4	Mb
119	04-Feb-72	01:00	14.733	-91.166	5	4.4	Mb
133	23-Feb-72	06:25	14.221	-90.418	5	4.4	Mb
139	14-May-72	12:56	14.273	-90.859	83	4.4	Mb
171	09-Feb-76	19:26	14.251	-91.051	92	4.4	Mb
187	02-Oct-78	21:38	14.442	-89.209	29.2	4.4	Mb
213	27-Dic-82	07:31	15.335	-89.753	5	4.4	Mb
215	12-Mar-83	09:36	14.439	-91.279	88.4	4.4	Mb
219	06-May-84	07:45	14.204	-90.905	165.7	4.4	Mb
220	21-May-84	19:42	14.527	-90.586	10	4.4	Mb
232	06-Ago-85	12:11	14.34	-90.524	139.3	4.4	Mb
234	11-Sep-86	06:06	14.819	-91.479	33	4.4	Mb
239	17-Sep-87	12:28	14.34	-91.371	77.1	4.4	Mb
241	01-Oct-87	15:37	15.181	-90.323	33	4.4	Mb
242	13-Oct-87	15:46	14.282	-90.8	31.5	4.4	Mb
254	18-Abr-89	00:18	14.285	-90.183	33	4.4	Mb
275	21-Dic-91	17:38	15.937	-90.476	35.8	4.4	Mb
276	30-Dic-91	20:30	15.954	-90.493	30.9	4.4	Mb
308	03-Mar-94	14:42	14.358	-91.38	33	4.4	Mb
312	27-May-94	09:58	15.732	-90.98	33	4.4	Mb
331	24-Abr-95	05:18	14.31	-91.443	200	4.4	Mb
336	25-Jun-95	21:25	14.331	-90.768	175.9	4.4	Mb
350	24-Mar-96	11:26	15.034	-91.495	164.9	4.4	Mb
359	08-Nov-96	03:44	14.868	-91.014	179	4.4	Mb
49	16-Abr-63	04:27	15.196	-90.023	205	4.5	Mb
50	14-Ago-63	02:56	14.7	-90.7	45	4.5	Mb
59	06-Jul-64	19:49	14.678	-88.939	134	4.5	Mb
60	13-Jul-64	03:55	15.237	-88.843	14	4.5	Mb
61	01-Oct-64	02:45	14.207	-90.989	99	4.5	Mb
78	12-Oct-67	01:52	15.937	-91.144	33	4.5	Mb
80	21-Oct-67	17:49	15.78	-91.239	20	4.5	Mb
95	25-Jun-69	07:24	14.29	-90.706	38	4.5	Mb
108	23-Mar-71	07:15	15.131	-90.813	33	4.5	Mb
112	17-Ene-72	08:08	14.595	-91.226	131	4.5	Mb
117	03-Feb-72	16:40	15.361	-89.184	5	4.5	Mb
142	22-Ago-72	03:41	14.775	-89.649	88	4.5	Mb
145	12-Mar-73	07:36	14.36	-91.329	183	4.5	Mb
147	15-Abr-73	11:20	15.864	-91.457	33	4.5	Mb
163	06-Abr-75	13:34	14.663	-90.575	92	4.5	Mb
170	07-Ene-76	16:43	14.276	-91.362	89	4.5	Mb
188	15-Oct-78	06:35	14.373	-89.354	33	4.5	Mb
195	08-Jun-79	22:07	14.379	-91.391	116.5	4.5	Mb
204	17-Dic-80	16:06	14.255	-91.405	33	4.5	Mb
208	10-Oct-81	03:39	15.299	-90.863	5	4.5	Mb
216	23-Ago-83	14:28	15.332	-89.209	10	4.5	Mb
233	30-Jul-86	09:55	14.23	-91.081	93.1	4.5	Mb
235	27-Oct-86	01:18	14.254	-90.038	184.6	4.5	Mb
237	01-Mar-87	03:32	14.407	-89.785	261.2	4.5	Mb
244	14-Feb-88	18:47	16.087	-88.506	33	4.5	Mb

Tabla No. 4. Sismos con $4.0 < M_b < 5.0$

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
246	10-Oct-88	07:39	15.262	-91.293	21.4	4.5	Mb
248	12-Ene-89	09:41	14.239	-90.21	185	4.5	Mb
259	26-Oct-89	15:10	15.137	-88.89	33	4.5	un
264	03-Jun-90	22:30	14.763	-90.732	223.3	4.5	un
273	17-Dic-91	21:13	15.923	-90.189	29.5	4.5	Mb
289	16-Dic-92	07:17	14.4	-91.499	64.4	4.5	Mb
310	14-Abr-94	12:05	14.559	-90.262	248.2	4.5	Mb
317	30-Jul-94	06:12	14.704	-90.628	228.1	4.5	Mb
325	22-Mar-95	22:22	14.434	-88.531	33	4.5	I
341	10-Jul-95	20:17	15.26	-88.415	10	4.5	Mb
340	10-Jul-95	20:09	15.73	-88.572	10	4.5	Mb
342	13-Jul-95	12:06	15.922	-88.514	10	4.5	Mb
23	01-Feb-61	03:46	14.3	-90.4	94	4.6	Mb
56	14-Nov-63	22:02	14.3	-90.4	26	4.6	Mb
69	07-Feb-66	16:19	14.67	-90.237	33	4.6	Mb
72	15-Nov-66	06:17	14.277	-90.188	204	4.6	Mb
76	05-Ago-67	19:52	14.298	-90.834	87	4.6	Mb
81	22-Nov-67	10:24	14.412	-90.171	190	4.6	Mb
84	25-Feb-68	15:25	15.987	-91.022	33	4.6	Mb
89	24-Dic-68	00:26	15.215	-88.943	34	4.6	Mb
90	21-Feb-69	07:38	14.504	-90.977	100	4.6	Mb
94	09-Jun-69	17:35	14.203	-91.402	92	4.6	Mb
97	09-Nov-69	19:46	14.636	-90.219	243	4.6	Mb
103	22-Oct-70	13:36	14.694	-90.585	231	4.6	Mb
105	27-Dic-70	23:49	14.974	-91.062	186	4.6	Mb
106	10-Ene-71	18:07	14.537	-91.446	104	4.6	Mb
107	19-Feb-71	03:23	14.511	-91.121	143	4.6	Mb
131	09-Feb-72	17:35	14.515	-88.964	5	4.6	Mb
140	13-Jul-72	09:23	15.571	-88.042	33	4.6	Mb
156	23-Jun-74	00:11	17.142	-91.036	33	4.6	Mb
164	14-May-75	22:44	15.697	-88.428	33	4.6	Mb
169	19-Dic-75	12:08	14.324	-90.201	238	4.6	Mb
174	20-Abr-76	13:17	14.558	-89.839	33	4.6	Mb
190	24-Oct-78	10:19	14.42	-90.533	192	4.6	Mb
193	17-Feb-79	07:41	14.736	-91.046	150	4.6	Mb
207	07-Sep-81	15:29	14.326	-91.279	33	4.6	Mb
214	10-Mar-83	23:28	14.244	-91.479	80.4	4.6	Mb
221	21-May-84	19:44	14.527	-90.585	16.4	4.6	Mb
225	04-Sep-84	06:56	14.237	-90.508	182.3	4.6	Mb
226	14-Oct-84	08:02	14.632	-90.828	42.1	4.6	Mb
245	23-Sep-88	06:10	14.319	-91.447	33	4.6	Mb
249	04-Feb-89	06:00	15.143	-88.256	139.7	4.6	Mb
266	10-Jul-90	19:51	14.323	-91.083	67.8	4.6	un
291	23-Ene-93	06:15	15.904	-91.301	50	4.6	Mb
292	12-Mar-93	06:59	14.216	-89.863	250	4.6	Mb
299	17-Oct-93	19:10	14.744	-88.896	33	4.6	Mb
320	04-Ene-95	13:49	14.604	-91.136	200	4.6	Mb
324	22-Mar-95	17:30	14.443	-88.444	33	4.6	Mb
329	16-Abr-95	15:30	14.229	-91.341	62.4	4.6	Mb

Tabla No. 4. Sismos con $4.0 < M_b < 5.0$

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
335	27-May-95	13:28	14.786	-91.087	196	4.6	Mb
344	18-Jul-95	17:56	15.654	-88.317	10	4.6	Mb
358	07-Nov-96	09:15	14.918	-89.885	33	4.6	Mb
31	28-Ene-62	14:40	16.6	-91.2	33	4.7	Mb
47	08-Mar-63	14:08	14.537	-91.473	102	4.7	Mb
79	17-Oct-67	16:40	15.941	-91.138	36	4.7	Mb
82	14-Dic-67	22:04	15.047	-91.088	264	4.7	Mb
83	14-Ene-68	19:21	15.958	-90.988	33	4.7	Mb
96	05-Nov-69	01:02	14.447	-91.38	111	4.7	Mb
110	12-Ago-71	23:07	14.528	-89.877	256	4.7	Mb
115	03-Feb-72	11:24	14.696	-90.879	5	4.7	Mb
122	05-Feb-72	04:11	14.872	-91.014	5	4.7	Mb
144	08-Dic-72	04:24	14.356	-90.214	199	4.7	Mb
160	23-Sep-74	23:41	15.348	-90.868	33	4.7	Mb
184	13-Jun-78	22:54	14.271	-90.288	91	4.7	Mb
189	20-Oct-78	20:52	15.195	-90.878	33	4.7	Mb
191	08-Nov-78	11:46	14.299	-91.263	100.6	4.7	Mb
197	15-Oct-79	09:39	15.117	-91.467	182.5	4.7	Mb
198	07-Ene-80	00:57	15.093	-91.376	186.1	4.7	Mb
212	03-May-82	17:56	14.28	-91.5	33	4.7	Mb
224	19-Jul-84	01:18	14.39	-90.292	193.6	4.7	Mb
240	17-Sep-87	23:34	14.568	-90.953	5	4.7	Mb
247	30-Oct-88	18:12	14.253	-90.772	179.8	4.7	Mb
263	01-May-90	18:41	14.288	-90.229	10	4.7	Mb
286	21-Sep-92	19:55	15.028	-90.986	204.2	4.7	Mb
318	15-Ago-94	14:48	14.25	-89.981	202	4.7	Mb
323	07-Feb-95	08:34	14.801	-88.004	33	4.7	Mb
14	12-Mar-60	21:08	14.5	-90.9	33	4.8	Mb
17	13-Sep-60	15:45	15.5	-90.8	38	4.8	Mb
63	28-May-65	20:25	14.722	-90.595	218	4.8	Mb
111	29-Sep-71	15:35	14.324	-91.03	107	4.8	Mb
150	24-Oct-73	06:33	14.966	-91.223	117	4.8	Mb
166	09-Oct-75	02:20	15.562	-88.661	33	4.8	Mb
173	10-Feb-76	23:27	14.342	-90.24	33	4.8	Mb
175	12-May-76	17:20	14.225	-90.032	47	4.8	Mb
203	22-Nov-80	19:27	14.55	-90.736	213.2	4.8	Mb
227	14-Oct-84	10:13	14.683	-90.875	33	4.8	Mb
231	25-Jul-85	16:08	14.427	-91.416	61.5	4.8	Mb
265	08-Jun-90	22:21	15.827	-88.444	34.4	4.8	un
338	10-Jul-95	14:31	15.828	-88.61	10	4.8	Mb
30	13-Dic-61	14:21	14.5	-89.7	273	4.9	Mb
73	02-Feb-67	14:48	14.382	-91.388	95	4.9	Mb
130	09-Feb-72	06:17	14.833	-89.798	5	4.9	Mb
132	18-Feb-72	22:56	14.3	-90.335	61	4.9	Mb
146	06-Abr-73	20:28	14.757	-91.239	33	4.9	Mb
148	20-Abr-73	15:08	14.741	-91.5	109	4.9	Mb
157	28-Jul-74	14:37	14.843	-91.022	10	4.9	Mb
161	06-Mar-75	16:58	14.626	-88.762	66	4.9	Mb
167	12-Nov-75	04:19	14.565	-91.154	130	4.9	Mb

Tabla No. 4. Sismos con $4.0 < M_b < 5.0$

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
168	09-Dic-75	06:13	15.199	-91.45	185	4.9	Mb
183	30-Abr-78	02:07	15.626	-90.306	33	4.9	Mb
194	14-Abr-79	01:35	15.541	-88.663	10	4.9	Mb
218	18-Ene-84	11:36	14.406	-90.84	164.7	4.9	Mb
230	28-Jun-85	06:51	15.772	-89.966	6.7	4.9	Mb

Tabla No. 5. Sismos con $3.0 < M_b < 4.0$

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
351	27-Abr-96	15:58	15.045	-90.379	33	3.2	Mb
353	17-May-96	06:03	15.518	-90.881	33	3.2	Mb
288	08-Dic-92	07:03	14.398	-91.219	87.5	3.4	Mb
319	11-Nov-94	21:13	14.925	-91.32	100	3.4	Mb
334	17-May-95	21:37	14.947	-91.281	33	3.4	Mb
4	10-Jul-59	07:04	16.8	-91.3	33	3.5	Mb
39	07-Sep-62	06:43	14.7	-91.5	62	3.5	Mb
280	15-Feb-92	21:59	14.61	-91.495	100	3.5	Mb
35	31-May-62	02:52	14.7	-91.2	26	3.6	Mb
236	21-Feb-87	08:17	17.011	-91.211	33	3.6	Mb
304	14-Ene-94	05:21	14.418	-91.225	33	3.6	Mb
305	17-Feb-94	10:49	14.429	-91.296	33	3.6	Mb
311	29-Abr-94	11:11	14.415	-91.174	33	3.6	Mb
316	25-Jul-94	14:16	15.727	-91.227	33	3.6	Mb
332	25-Abr-95	02:13	14.672	-88.492	33	3.6	Mb
48	10-Mar-63	16:39	14.572	-91.489	27	3.7	Mb
306	26-Feb-94	02:56	14.401	-91.333	33	3.7	Mb
328	12-Abr-95	08:17	14.308	-90.762	33	3.7	Mb
348	30-Sep-95	03:21	14.86	-91.201	33	3.7	Mb
5	14-Jul-59	16:32	14.4	-90.2	33	3.8	Mb
7	25-Ago-59	01:30	14.4	-91.3	33	3.8	Mb
12	17-Ene-60	21:57	16.1	-89.3	33	3.8	Mb
15	02-Jul-60	11:03	15	-88.2	60	3.8	Mb
16	30-Jul-60	12:44	14.4	-88.9	68	3.8	Mb
18	14-Sep-60	05:09	15.1	-91	33	3.8	Mb
21	21-Oct-60	15:10	15.7	-91.4	33	3.8	Mb
25	25-Jul-61	13:06	14.9	-90.9	133	3.8	Mb
37	11-Ago-62	08:53	14.7	-91.1	33	3.8	Mb
38	11-Ago-62	14:40	14.3	-89.9	77	3.8	Mb
253	17-Abr-89	07:27	14.742	-91.148	33	3.8	Mb
260	18-Ene-90	23:40	14.565	-90.992	10	3.8	un
267	31-Dic-90	08:23	14.256	-89.983	224.5	3.8	Mb
271	19-Nov-91	14:39	14.352	-90.366	10	3.8	Mb
277	07-Ene-92	01:19	15.015	-90.598	33	3.8	Mb
287	07-Dic-92	21:38	14.922	-90.665	33	3.8	Mb
290	27-Dic-92	17:40	14.687	-91.321	100	3.8	Mb
295	06-Abr-93	15:59	14.418	-90.668	200	3.8	Mb
303	11-Ene-94	09:39	14.272	-91.335	33	3.8	Mb
6	06-Ago-59	09:35	14.6	-91.3	245	3.9	Mb
9	18-Oct-59	21:22	15.2	-89.2	33	3.9	Mb
10	27-Oct-59	02:25	14.8	-90.8	33	3.9	Mb
11	26-Dic-59	03:57	14.5	-90.7	33	3.9	Mb
19	14-Sep-60	07:51	15.4	-90.6	33	3.9	Mb
27	28-Ago-61	01:26	14.8	-91.5	33	3.9	Mb
33	14-Feb-62	14:54	14.5	-91.1	137	3.9	Mb
43	11-Dic-62	12:35	14.3	-91	52	3.9	Mb
54	11-Oct-63	03:17	14.4	-90.4	190	3.9	Mb
66	14-Nov-65	16:40	14.575	-90.405	121	3.9	Mb
126	07-Feb-72	04:38	14.392	-90.515	5	3.9	Mb

Tabla No. 5. Sismos con $3.0 < M_b < 4.0$

Evento No	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt
172	10-Feb-76	08:56	14.261	-90.836	33	3.9	Mb
270	19-Nov-91	14:35	14.414	-90.468	10	3.9	Mb
283	12-Abr-92	14:37	16.923	-91.267	33	3.9	Mb
296	11-May-93	23:10	14.244	-90.981	33	3.9	Mb
300	26-Nov-93	18:40	14.483	-91.148	33	3.9	Mb
343	13-Jul-95	13:12	15.764	-89.283	10	3.9	Mb
352	27-Abr-96	20:25	14.355	-90.856	73.4	3.9	Mb

Tabla No. 6. Distancia al sitio de la presa

Evento	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt	Dist a La Tinta, km
49	16-Abr-63	04:27	15.196	-90.023	205	4.5	Mb	16.84
213	27-Dic-82	07:31	15.335	-89.753	5	4.4	Mb	17.05
274	18-Dic-91	20:56	15.301	-90.154	10	5.4	Mw	28.74
278	08-Ene-92	22:43	15.488	-90.102	33	4.3	Mb	32.57
251	15-Mar-89	08:36	15.455	-90.168	33	4	Mb	35.96
358	07-Nov-96	09:15	14.918	-89.885	33	4.6	Mb	40.09
138	25-Abr-72	15:24	15.016	-89.607	5	4.1	Mb	43.37
121	05-Feb-72	01:57	15.363	-90.278	5	4	Mb	43.42
200	18-Ago-80	11:06	14.872	-89.834	33	4.3	Mb	45.70
241	01-Oct-87	15:37	15.181	-90.323	33	4.4	Mb	48.63
130	09-Feb-72	06:17	14.833	-89.798	5	4.9	Mb	50.69
154	29-Mar-74	19:30	15.047	-90.304	33	5.1	Mb	52.10
272	20-Nov-91	21:09	15.077	-89.466	10	4.3	Mb	52.73
230	28-Jun-85	06:51	15.772	-89.966	6.7	4.9	Mb	55.27
228	28-May-85	21:49	15.788	-89.948	24.4	5	Mb	56.79
2	09-Mar-59	06:04	14.8	-90.1	33	4.3	Mb	57.79
351	27-Abr-96	15:58	15.045	-90.379	33	3.2	Mb	59.57
183	30-Abr-78	02:07	15.626	-90.306	33	4.9	Mb	59.62
142	22-Ago-72	03:41	14.775	-89.649	88	4.5	Mb	62.30
67	07-Ene-66	16:18	15.335	-90.507	25	4.4	Mb	68.11
116	03-Feb-72	12:57	15.421	-89.223	5	4.3	Mb	76.35
216	23-Ago-83	14:28	15.332	-89.209	10	4.5	Mb	76.48
69	07-Feb-66	16:19	14.67	-90.237	33	4.6	Mb	77.47
9	18-Oct-59	21:22	15.2	-89.2	33	3.9	Mb	77.75
273	17-Dic-91	21:13	15.923	-90.189	29.5	4.5	Mb	78.53
41	25-Oct-62	20:43	15.2	-90.6	20	4.4	Mb	78.63
19	14-Sep-60	07:51	15.4	-90.6	33	3.9	Mb	79.29
117	03-Feb-72	16:40	15.361	-89.184	5	4.5	Mb	79.55
22	26-Nov-60	23:50	15.8	-89.4	33	4	Mb	79.85
97	09-Nov-69	19:46	14.636	-90.219	243	4.6	Mb	79.87
174	20-Abr-76	13:17	14.558	-89.839	33	4.6	Mb	80.28
120	04-Feb-72	04:09	15.232	-90.626	5	4.3	Mb	81.20
114	03-Feb-72	09:30	14.943	-90.562	5	5.4	Mb	82.80
277	07-Ene-92	01:19	15.015	-90.598	33	3.8	Mb	83.25
110	12-Ago-71	23:07	14.528	-89.877	256	4.7	Mb	83.39
255	18-Abr-89	01:52	14.882	-90.567	33	4.2	Mb	86.54
343	13-Jul-95	13:12	15.764	-89.283	10	3.9	Mb	86.76
98	27-Nov-69	06:45	14.497	-89.995	230	5	Mb	87.49
113	03-Feb-72	09:01	15.324	-89.101	5	7.5	Ms	88.39
30	13-Dic-61	14:21	14.5	-89.7	273	4.9	Mb	89.16
310	14-Abr-94	12:05	14.559	-90.262	248.2	4.5	Mb	89.65
128	08-Feb-72	11:44	15.319	-89.073	5	5.2	Mb	91.46
297	14-May-93	04:39	14.46	-89.775	274.2	5.5	Mw	91.90
71	24-May-66	04:56	15.873	-89.319	35	4.1	Mb	91.92
287	07-Dic-92	21:38	14.922	-90.665	33	3.8	Mb	94.11
205	12-Jun-81	11:42	14.729	-90.546	222.6	5	Mb	94.51
181	06-Nov-77	22:02	14.595	-90.416	200.2	5.3	Mb	95.37
66	14-Nov-65	16:40	14.575	-90.405	121	3.9	Mb	96.43
275	21-Dic-91	17:38	15.937	-90.476	35.8	4.4	Mb	97.36
26	27-Jul-61	13:20	14.5	-90.3	220	4.3	Mb	97.41
237	01-Mar-87	03:32	14.407	-89.785	261.2	4.5	Mb	97.57
124	05-Feb-72	18:19	14.764	-90.61	5	5.7	Mb	97.72
63	28-May-65	20:25	14.722	-90.595	218	4.8	Mb	99.21
276	30-Dic-91	20:30	15.954	-90.493	30.9	4.4	Mb	100.03
103	22-Oct-70	13:36	14.694	-90.585	231	4.6	Mb	100.33
20	14-Sep-60	21:56	15.3	-90.8	74	4.4	Mb	100.37
250	12-Mar-89	09:45	14.91	-90.727	33	4.2	Mb	100.93
81	22-Nov-67	10:24	14.412	-90.171	190	4.6	Mb	100.96
24	02-Feb-61	18:35	16.1	-90.3	33	4.1	Mb	101.57
163	06-Abr-75	13:34	14.663	-90.575	92	4.5	Mb	101.76

Tabla No. 6. Distancia al sitio de la presa

Evento	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt	Dist a La Tinta,km
108	23-Mar-71	07:15	15.131	-90.813	33	4.5	Mb	103.10
5	14-Jul-59	16:32	14.4	-90.2	33	3.8	Mb	103.24
17	13-Sep-60	15:45	15.5	-90.8	38	4.8	Mb	103.30
317	30-Jul-94	06:12	14.704	-90.628	228.1	4.5	Mb	103.32
70	23-Mar-66	08:24	14.443	-90.324	197	4.2	Mb	104.25
129	09-Feb-72	02:28	14.921	-90.778	5	4.2	Mb	105.66
89	24-Dic-68	00:26	15.215	-88.943	34	4.6	Mb	106.02
268	01-Ene-91	14:02	14.675	-90.647	33	4.2	un	106.98
222	06-Jun-84	01:41	14.556	-90.537	7.7	4.2	Mb	107.25
208	10-Oct-81	03:39	15.299	-90.863	5	4.5	Mb	107.36
224	19-Jul-84	01:18	14.39	-90.292	193.6	4.7	Mb	108.03
160	23-Sep-74	23:41	15.348	-90.868	33	4.7	Mb	108.16
165	08-Oct-75	07:49	14.321	-90.082	33	5	Mb	108.32
144	08-Dic-72	04:24	14.356	-90.214	199	4.7	Mb	108.36
38	11-Ago-62	14:40	14.3	-89.9	77	3.8	Mb	108.67
57	10-Ene-64	20:48	14.3	-89.9	197	4.4	Mb	108.67
309	20-Mar-94	12:02	14.319	-90.088	217.7	4.3	Mb	108.67
264	03-Jun-90	22:30	14.763	-90.732	223.3	4.5	un	109.05
189	20-Oct-78	20:52	15.195	-90.878	33	4.7	Mb	109.40
50	14-Ago-63	02:56	14.7	-90.7	45	4.5	Mb	109.98
173	10-Feb-76	23:27	14.342	-90.24	33	4.8	Mb	110.79
201	30-Oct-80	20:44	14.282	-89.796	259.2	4.2	Mb	111.22
169	19-Dic-75	12:08	14.324	-90.201	238	4.6	Mb	111.28
217	12-Sep-83	11:20	14.272	-89.979	123.4	5.6	un	112.16
54	11-Oct-63	03:17	14.4	-90.4	190	3.9	Mb	112.47
353	17-May-96	06:03	15.518	-90.881	33	3.2	Mb	112.51
12	17-Ene-60	21:57	16.1	-89.3	33	3.8	Mb	112.61
259	26-Oct-89	15:10	15.137	-88.89	33	4.5	un	112.77
354	08-Jun-96	11:26	14.383	-90.38	33	5	Mb	113.04
221	21-May-84	19:44	14.527	-90.585	16.4	4.6	Mb	113.21
220	21-May-84	19:42	14.527	-90.586	10	4.4	Mb	113.29
10	27-Oct-59	02:25	14.8	-90.8	33	3.9	Mb	113.56
267	31-Dic-90	08:23	14.256	-89.983	224.5	3.8	Mb	113.96
318	15-Ago-94	14:48	14.25	-89.981	202	4.7	Mb	114.61
254	18-Abr-89	00:18	14.285	-90.183	33	4.4	Mb	114.84
235	27-Oct-86	01:18	14.254	-90.038	184.6	4.5	Mb	114.86
104	23-Dic-70	02:10	14.259	-90.08	155	5.4	Mb	115.05
270	19-Nov-91	14:35	14.414	-90.468	10	3.9	Mb	115.11
271	19-Nov-91	14:39	14.352	-90.366	10	3.8	Mb	115.37
72	15-Nov-66	06:17	14.277	-90.188	204	4.6	Mb	115.85
263	01-May-90	18:41	14.288	-90.229	10	4.7	Mb	116.05
357	18-Oct-96	15:52	14.455	-89.251	33	4.2	Mb	116.15
258	26-Sep-89	06:47	14.379	-90.43	33	4.3	Mb	116.16
182	30-Dic-77	02:44	15.139	-90.94	33	4.1	Mb	116.92
60	13-Jul-64	03:55	15.237	-88.843	14	4.5	Mb	116.98
188	15-Oct-78	06:35	14.373	-89.354	33	4.5	Mb	117.19
185	28-Sep-78	03:48	14.547	-89.131	15	5.1	Mb	117.53
175	12-May-76	17:20	14.225	-90.032	47	4.8	Mb	117.96
292	12-Mar-93	06:59	14.216	-89.863	250	4.6	Mb	118.05
42	04-Dic-62	16:11	14.4	-90.5	53	4.2	Mb	118.38
190	24-Oct-78	10:19	14.42	-90.533	192	4.6	Mb	118.71
132	18-Feb-72	22:56	14.3	-90.335	61	4.9	Mb	119.09
25	25-Jul-61	13:06	14.9	-90.9	133	3.8	Mb	119.12
184	13-Jun-78	22:54	14.271	-90.288	91	4.7	Mb	120.05
126	07-Feb-72	04:38	14.392	-90.515	5	3.9	Mb	120.06
187	02-Oct-78	21:38	14.442	-89.209	29.2	4.4	Mb	120.20
248	12-Ene-89	09:41	14.239	-90.21	185	4.5	Mb	120.59
55	03-Nov-63	22:29	14.2	-89.7	24	4	Mb	121.73
135	06-Mar-72	03:15	14.808	-90.889	5	5.1	Mb	121.99
23	01-Feb-61	03:46	14.3	-90.4	94	4.6	Mb	122.22

Tabla No. 6. Distancia al sitio de la presa

Evento	Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Magt	Dist a La Tinta,km
56	14-Nov-63	22:02	14.3	-90.4	26	4.6	Mb	122.22
123	05-Feb-72	18:11	14.316	-90.432	5	5	Mb	122.34
339	10-Jul-95	14:53	15.773	-88.907	10	4.2	Mb	122.71
186	28-Sep-78	05:50	14.487	-89.121	12	5.5	Mb	123.00
203	22-Nov-80	19:27	14.55	-90.736	213.2	4.8	Mb	123.46
18	14-Sep-60	05:09	15.1	-91	33	3.8	Mb	124.14
286	21-Sep-92	19:55	15.028	-90.986	204.2	4.7	Mb	124.16
51	26-Ago-63	06:32	14.2	-89.6	65	4.3	Mb	124.19
11	26-Dic-59	03:57	14.5	-90.7	33	3.9	Mb	124.26
285	06-Sep-92	19:34	14.213	-90.239	33	4.1	Mb	124.30
58	05-May-64	14:37	14.641	-90.821	123	5.1	Mb	124.73
136	08-Mar-72	07:42	14.869	-90.943	5	5.2	Mb	124.81
46	07-Mar-63	23:07	15.101	-88.782	76	4.2	Mb	125.22
232	06-Ago-85	12:11	14.34	-90.524	139.3	4.4	Mb	125.39
59	06-Jul-64	19:49	14.678	-88.939	134	4.5	Mb	125.44
299	17-Oct-93	19:10	14.744	-88.896	33	4.6	Mb	125.89
226	14-Oct-84	08:02	14.632	-90.828	42.1	4.6	Mb	125.94
8	13-Sep-59	09:43	15	-91	130	4.1	Mb	126.40
115	03-Feb-72	11:24	14.696	-90.879	5	4.7	Mb	126.86
227	14-Oct-84	10:13	14.683	-90.875	33	4.8	Mb	127.22
295	06-Abr-93	15:59	14.418	-90.668	200	3.8	Mb	128.36
312	27-May-94	09:58	15.732	-90.98	33	4.4	Mb	130.41
133	23-Feb-72	06:25	14.221	-90.418	5	4.4	Mb	130.95
122	05-Feb-72	04:11	14.872	-91.014	5	4.7	Mb	132.07
359	08-Nov-96	03:44	14.868	-91.014	179	4.4	Mb	132.22
131	09-Feb-72	17:35	14.515	-88.964	5	4.6	Mb	133.77
105	27-Dic-70	23:49	14.974	-91.062	186	4.6	Mb	133.78
157	28-Jul-74	14:37	14.843	-91.022	10	4.9	Mb	134.03
225	04-Sep-84	06:56	14.237	-90.508	182.3	4.6	Mb	134.14
315	11-Jul-94	22:31	14.466	-90.793	33	4.3	Mb	134.38
82	14-Dic-67	22:04	15.047	-91.088	264	4.7	Mb	134.79
256	31-Jul-89	15:32	14.722	-90.977	237.2	4.3	Mb	134.98
68	30-Ene-66	22:23	15.727	-88.75	46	5	Mb	136.58
86	28-Mar-68	15:08	14.417	-90.777	82	4.2	Mb	136.81
134	06-Mar-72	02:54	14.728	-91.016	5	5.1	Mb	138.55
355	09-Ago-96	09:22	14.569	-90.928	135.1	4	Mb	139.04
238	17-Sep-87	09:48	14.646	-90.986	5	5.7	Mb	139.91
194	14-Abr-79	01:35	15.541	-88.663	10	4.9	Mb	139.92
166	09-Oct-75	02:20	15.562	-88.661	33	4.8	Mb	140.64
14	12-Mar-60	21:08	14.5	-90.9	33	4.8	Mb	141.06
193	17-Feb-79	07:41	14.736	-91.046	150	4.6	Mb	141.16
137	12-Mar-72	16:30	14.767	-91.061	5	5.4	Mb	141.25
240	17-Sep-87	23:34	14.568	-90.953	5	4.7	Mb	141.40
243	10-Feb-88	06:44	14.244	-90.639	72.5	4.2	Mb	141.42
95	25-Jun-69	07:24	14.29	-90.706	38	4.5	Mb	141.90
346	29-Ago-95	13:17	14.406	-90.83	104.1	4.3	Mb	141.91
269	12-Ago-91	21:23	14.752	-91.061	23	4.2	Mb	141.93
218	18-Ene-84	11:36	14.406	-90.84	164.7	4.9	Mb	142.72
83	14-Ene-68	19:21	15.958	-90.988	33	4.7	Mb	142.73
202	22-Nov-80	10:51	15.925	-88.784	33	4.1	Mb	142.75
177	27-Jul-76	17:16	15.78	-88.71	33	4.3	Mb	142.91
336	25-Jun-95	21:25	14.331	-90.768	175.9	4.4	Mb	142.97
335	27-May-95	13:28	14.786	-91.087	196	4.6	Mb	143.08
85	21-Mar-68	07:16	16.038	-90.948	16	4.3	Mb	143.99
328	12-Abr-95	08:17	14.308	-90.762	33	3.7	Mb	144.42
260	18-Ene-90	23:40	14.565	-90.992	10	3.8	un	145.19
161	06-Mar-75	16:58	14.626	-88.762	66	4.9	Mb	145.25
92	03-May-69	00:30	14.925	-91.161	131	4.1	Mb	145.81
301	08-Dic-93	23:42	14.505	-90.959	33	4.2	Mb	145.96
257	21-Ago-89	10:02	14.238	-90.701	108	5.8	un	146.07

Tabla No. 7. Asignación de eventos a Fuentes Sísmicas.

7	25-Ago-59	01:30	14.4	-91.3	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
5	14-Jul-59	16:32	14.4	-90.2	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
7	25-Ago-59	01:30	14.4	-91.3	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
13	07-Feb-60	09:59	14.4	-91.3	33	4.1	Mb	Cadena volcánica
14	12-Mar-60	21:08	14.5	-90.9	33	4.8	Mb	Cadena volcánica
16	30-Jul-60	12:44	14.4	-88.9	68	3.8	Mb	Cadena volcánica
27	28-Ago-61	01:26	14.8	-91.5	33	3.9	Mb	Cadena volcánica
29	10-Dic-61	15:30	14.2	-90.8	33	4.2	Mb	Cadena volcánica
36	22-Jun-62	13:33	14.6	-91.3	33	4.2	Mb	Cadena volcánica
38	11-Ago-62	14:40	14.3	-89.9	77	3.8	Mb	Cadena volcánica
43	11-Dic-62	12:35	14.3	-91	52	3.9	Mb	Cadena volcánica
55	03-Nov-63	22:29	14.2	-89.7	24	4	Mb	Cadena volcánica
56	14-Nov-63	22:02	14.3	-90.4	26	4.6	Mb	Cadena volcánica
95	25-Jun-69	07:24	14.29	-90.706	38	4.5	Mb	Cadena volcánica
123	05-Feb-72	18:11	14.316	-90.432	5	5	Mb	Cadena volcánica
125	06-Feb-72	02:28	14.335	-90.886	5	4.3	Mb	Cadena volcánica
126	07-Feb-72	04:38	14.392	-90.515	5	3.9	Mb	Cadena volcánica
130	09-Feb-72	06:17	14.833	-89.798	5	4.9	Mb	Cadena volcánica
133	23-Feb-72	06:25	14.221	-90.418	5	4.4	Mb	Cadena volcánica
165	08-Oct-75	07:49	14.321	-90.082	33	5	Mb	Cadena volcánica
172	10-Feb-76	08:56	14.261	-90.836	33	3.9	Mb	Cadena volcánica
173	10-Feb-76	23:27	14.342	-90.24	33	4.8	Mb	Cadena volcánica
174	20-Abr-76	13:17	14.558	-89.839	33	4.6	Mb	Cadena volcánica
186	28-Sep-78	05:50	14.487	-89.121	12	5.5	Mb	Cadena volcánica
188	15-Oct-78	06:35	14.373	-89.354	33	4.5	Mb	Cadena volcánica
199	13-Jun-80	01:49	14.217	-91.35	33	4.2	Mb	Cadena volcánica
204	17-Dic-80	16:06	14.255	-91.405	33	4.5	Mb	Cadena volcánica
207	07-Sep-81	15:29	14.326	-91.279	33	4.6	Mb	Cadena volcánica
212	03-May-82	17:56	14.28	-91.5	33	4.7	Mb	Cadena volcánica
220	21-May-84	19:42	14.527	-90.586	10	4.4	Mb	Cadena volcánica
221	21-May-84	19:44	14.527	-90.585	16.4	4.6	Mb	Cadena volcánica
227	14-Oct-84	10:13	14.683	-90.875	33	4.8	Mb	Cadena volcánica
240	17-Sep-87	23:34	14.568	-90.953	5	4.7	Mb	Cadena volcánica
242	13-Oct-87	15:46	14.282	-90.8	31.5	4.4	Mb	Cadena volcánica
245	23-Sep-88	06:10	14.319	-91.447	33	4.6	Mb	Cadena volcánica
254	18-Abr-89	00:18	14.285	-90.183	33	4.4	Mb	Cadena volcánica
258	26-Sep-89	06:47	14.379	-90.43	33	4.3	Mb	Cadena volcánica
260	18-Ene-90	23:40	14.565	-90.992	10	3.8	un	Cadena volcánica
263	01-May-90	18:41	14.288	-90.229	10	4.7	Mb	Cadena volcánica
267	31-Dic-90	08:23	14.256	-89.983	224.5	3.8	Mb	Cadena volcánica
270	19-Nov-91	14:35	14.414	-90.468	10	3.9	Mb	Cadena volcánica
271	19-Nov-91	14:39	14.352	-90.366	10	3.8	Mb	Cadena volcánica
277	07-Ene-92	01:19	15.015	-90.598	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
285	06-Sep-92	19:34	14.213	-90.239	33	4.1	Mb	Cadena volcánica
287	07-Dic-92	21:38	14.922	-90.665	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
290	27-Dic-92	17:40	14.687	-91.321	100	3.8	Mb	Cadena volcánica
293	14-Mar-93	19:47	14.255	-91.496	33	4.3	Mb	Cadena volcánica
295	06-Abr-93	15:59	14.418	-90.668	200	3.8	Mb	Cadena volcánica
296	11-May-93	23:10	14.244	-90.981	33	3.9	Mb	Cadena volcánica
298	06-Jun-93	11:44	14.29	-91.44	33	4.1	Mb	Cadena volcánica
299	17-Oct-93	19:10	14.744	-88.896	33	4.6	Mb	Cadena volcánica
300	26-Nov-93	18:40	14.483	-91.148	33	3.9	Mb	Cadena volcánica
301	08-Dic-93	23:42	14.505	-90.959	33	4.2	Mb	Cadena volcánica

Tabla No. 7. Asignación de eventos a Fuentes Sísmicas.

7	25-Ago-59	01:30	14.4	-91.3	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
303	11-Ene-94	09:39	14.272	-91.335	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
304	14-Ene-94	05:21	14.418	-91.225	33	3.6	Mb	Cadena volcánica
305	17-Feb-94	10:49	14.429	-91.296	33	3.6	Mb	Cadena volcánica
306	26-Feb-94	02:56	14.401	-91.333	33	3.7	Mb	Cadena volcánica
308	03-Mar-94	14:42	14.358	-91.38	33	4.4	Mb	Cadena volcánica
311	29-Abr-94	11:11	14.415	-91.174	33	3.6	Mb	Cadena volcánica
315	11-Jul-94	22:31	14.466	-90.793	33	4.3	Mb	Cadena volcánica
324	22-Mar-95	17:30	14.443	-88.444	33	4.6	Mb	Cadena volcánica
328	12-Abr-95	08:17	14.308	-90.762	33	3.7	Mb	Cadena volcánica
330	21-Abr-95	20:55	14.303	-90.803	33	4	Mb	Cadena volcánica
347	17-Sep-95	21:23	14.456	-91.354	33	4.1	Mb	Cadena volcánica
348	30-Sep-95	03:21	14.86	-91.201	33	3.7	Mb	Cadena volcánica
354	08-Jun-96	11:26	14.383	-90.38	33	5	Mb	Cadena volcánica
17	13-Sep-60	15:45	15.5	-90.8	38	4.8	Mb	Chixoy-Polochic
3	02-Jun-59	14:25	15.3	-91.5	33	4.2	Mb	Chixoy-Polochic
18	14-Sep-60	05:09	15.1	-91	33	3.8	Mb	Chixoy-Polochic
19	14-Sep-60	07:51	15.4	-90.6	33	3.9	Mb	Chixoy-Polochic
20	14-Sep-60	21:56	15.3	-90.8	74	4.4	Mb	Chixoy-Polochic
22	28-Nov-60	23:50	15.8	-89.4	33	4	Mb	Chixoy-Polochic
41	25-Oct-62	20:43	15.2	-90.6	20	4.4	Mb	Chixoy-Polochic
49	16-Abr-63	04:27	15.196	-90.023	205	4.5	Mb	Chixoy-Polochic
50	14-Ago-63	02:56	14.7	-90.7	45	4.5	Mb	Chixoy-Polochic
62	13-Ene-65	20:08	14.903	-91.231	113	4.1	Mb	Chixoy-Polochic
67	07-Ene-66	16:18	15.335	-90.507	25	4.4	Mb	Chixoy-Polochic
68	30-Ene-66	22:23	15.727	-88.75	46	5	Mb	Chixoy-Polochic
88	16-Nov-68	14:55	15.614	-91.462	222	5.2	Mb	Chixoy-Polochic
108	23-Mar-71	07:15	15.131	-90.813	33	4.5	Mb	Chixoy-Polochic
119	04-Feb-72	01:00	14.733	-91.166	5	4.4	Mb	Chixoy-Polochic
121	05-Feb-72	01:57	15.363	-90.278	5	4	Mb	Chixoy-Polochic
151	27-Nov-73	04:36	15.335	-91.433	225	5.1	Mb	Chixoy-Polochic
160	23-Sep-74	23:41	15.348	-90.868	33	4.7	Mb	Chixoy-Polochic
183	30-Abr-78	02:07	15.626	-90.306	33	4.9	Mb	Chixoy-Polochic
189	20-Oct-78	20:52	15.195	-90.878	33	4.7	Mb	Chixoy-Polochic
202	22-Nov-80	10:51	15.925	-88.784	33	4.1	Mb	Chixoy-Polochic
211	04-Abr-82	12:52	15.943	-88.454	10.1	4	Mb	Chixoy-Polochic
213	27-Dic-82	07:31	15.335	-89.753	5	4.4	Mb	Chixoy-Polochic
228	28-May-85	21:49	15.788	-89.948	24.4	5	Mb	Chixoy-Polochic
230	28-Jun-85	06:51	15.772	-89.966	6.7	4.9	Mb	Chixoy-Polochic
241	01-Oct-87	15:37	15.181	-90.323	33	4.4	Mb	Chixoy-Polochic
246	10-Oct-88	07:39	15.262	-91.293	21.4	4.5	Mb	Chixoy-Polochic
251	15-Mar-89	08:36	15.455	-90.168	33	4	Mb	Chixoy-Polochic
252	15-Abr-89	13:01	15.542	-91.447	33	4	un	Chixoy-Polochic
269	12-Ago-91	21:23	14.752	-91.061	23	4.2	Mb	Chixoy-Polochic
274	18-Dic-91	20:56	15.301	-90.154	10	5.4	Mw	Chixoy-Polochic
278	08-Ene-92	22:43	15.488	-90.102	33	4.3	Mb	Chixoy-Polochic
312	27-May-94	09:58	15.732	-90.98	33	4.4	Mb	Chixoy-Polochic
316	25-Jul-94	14:16	15.727	-91.227	33	3.6	Mb	Chixoy-Polochic
339	10-Jul-95	14:53	15.773	-88.907	10	4.2	Mb	Chixoy-Polochic
340	10-Jul-95	20:09	15.73	-88.572	10	4.5	Mb	Chixoy-Polochic
342	13-Jul-95	12:06	15.922	-88.514	10	4.5	Mb	Chixoy-Polochic
343	13-Jul-95	13:12	15.764	-89.283	10	3.9	Mb	Chixoy-Polochic
353	17-May-96	06:03	15.518	-90.881	33	3.2	Mb	Chixoy-Polochic

Tabla No. 7. Asignación de eventos a Fuentes Sísmicas.

7	25-Ago-59	01:30	14.4	-91.3	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
2	09-Mar-59	06:04	14.8	-90.1	33	4.3	Mb	Motagua
8	13-Sep-59	09:43	15	-91	130	4.1	Mb	Motagua
9	18-Oct-59	21:22	15.2	-89.2	33	3.9	Mb	Motagua
10	27-Oct-59	02:25	14.8	-90.8	33	3.9	Mb	Motagua
11	26-Dic-59	03:57	14.5	-90.7	33	3.9	Mb	Motagua
21	21-Oct-60	15:10	15.7	-91.4	33	3.8	Mb	Motagua
25	25-Jul-61	13:06	14.9	-90.9	133	3.8	Mb	Motagua
35	31-May-62	02:52	14.7	-91.2	26	3.6	Mb	Motagua
37	11-Ago-62	08:53	14.7	-91.1	33	3.8	Mb	Motagua
48	10-Mar-63	16:39	14.572	-91.489	27	3.7	Mb	Motagua
53	03-Oct-63	00:12	15.7	-88.6	33	4.4	Mb	Motagua
60	13-Jul-64	03:55	15.237	-88.843	14	4.5	Mb	Motagua
63	28-May-65	20:25	14.722	-90.595	218	4.8	Mb	Motagua
69	07-Feb-66	16:19	14.67	-90.237	33	4.6	Mb	Motagua
71	24-May-66	04:56	15.873	-89.319	35	4.1	Mb	Motagua
82	14-Dic-67	22:04	15.047	-91.088	264	4.7	Mb	Motagua
89	24-Dic-68	00:26	15.215	-88.943	34	4.6	Mb	Motagua
105	27-Dic-70	23:49	14.974	-91.062	186	4.6	Mb	Motagua
113	03-Feb-72	09:01	15.324	-89.101	5	7.5	Ms	Motagua
114	03-Feb-72	09:30	14.943	-90.562	5	5.4	Mb	Motagua
115	03-Feb-72	11:24	14.696	-90.879	5	4.7	Mb	Motagua
116	03-Feb-72	12:57	15.421	-89.223	5	4.3	Mb	Motagua
117	03-Feb-72	16:40	15.361	-89.184	5	4.5	Mb	Motagua
118	03-Feb-72	17:20	15.856	-88.286	5	4.4	Mb	Motagua
120	04-Feb-72	04:09	15.232	-90.626	5	4.3	Mb	Motagua
122	05-Feb-72	04:11	14.872	-91.014	5	4.7	Mb	Motagua
124	05-Feb-72	18:19	14.764	-90.61	5	5.7	Mb	Motagua
127	07-Feb-72	08:13	15.571	-88.466	5	5.6	Ms	Motagua
128	08-Feb-72	11:44	15.319	-89.073	5	5.2	Mb	Motagua
129	09-Feb-72	02:28	14.921	-90.778	5	4.2	Mb	Motagua
134	06-Mar-72	02:54	14.728	-91.016	5	5.1	Mb	Motagua
135	06-Mar-72	03:15	14.808	-90.889	5	5.1	Mb	Motagua
136	08-Mar-72	07:42	14.869	-90.943	5	5.2	Mb	Motagua
137	12-Mar-72	16:30	14.767	-91.061	5	5.4	Mb	Motagua
138	25-Abr-72	15:24	15.016	-89.607	5	4.1	Mb	Motagua
143	01-Sep-72	04:15	15.634	-88.487	43	4.3	Mb	Motagua
150	24-Oct-73	06:33	14.966	-91.223	117	4.8	Mb	Motagua
154	29-Mar-74	19:30	15.047	-90.304	33	5.1	Mb	Motagua
157	28-Jul-74	14:37	14.843	-91.022	10	4.9	Mb	Motagua
168	09-Dic-75	06:13	15.199	-91.45	185	4.9	Mb	Motagua
177	27-Jul-76	17:16	15.78	-88.71	33	4.3	Mb	Motagua
178	08-Ago-76	05:45	15.888	-88.516	22	6.4	Ms	Motagua
179	01-Sep-76	10:28	15.909	-88.291	25	5.3	Mb	Motagua
182	30-Dic-77	02:44	15.139	-90.94	33	4.1	Mb	Motagua
193	17-Feb-79	07:41	14.736	-91.046	150	4.6	Mb	Motagua
194	14-Abr-79	01:35	15.541	-88.663	10	4.9	Mb	Motagua
197	15-Oct-79	09:39	15.117	-91.467	182.5	4.7	Mb	Motagua
198	07-Ene-80	00:57	15.093	-91.376	186.1	4.7	Mb	Motagua
200	18-Ago-80	11:06	14.872	-89.834	33	4.3	Mb	Motagua
208	10-Oct-81	03:39	15.299	-90.863	5	4.5	Mb	Motagua
216	23-Ago-83	14:28	15.332	-89.209	10	4.5	Mb	Motagua
234	11-Sep-86	06:06	14.819	-91.479	33	4.4	Mb	Motagua

Tabla No. 7. Asignación de eventos a Fuentes Sísmicas.

7	25-Ago-59	01:30	14.4	-91.3	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
238	17-Sep-87	09:48	14.646	-90.986	5	5.7	Mb	Motagua
244	14-Feb-88	18:47	16.087	-88.506	33	4.5	Mb	Motagua
250	12-Mar-89	09:45	14.91	-90.727	33	4.2	Mb	Motagua
253	17-Abr-89	07:27	14.742	-91.148	33	3.8	Mb	Motagua
255	18-Abr-89	01:52	14.882	-90.567	33	4.2	Mb	Motagua
259	26-Oct-89	15:10	15.137	-88.89	33	4.5	un	Motagua
265	08-Jun-90	22:21	15.827	-88.444	34.4	4.8	un	Motagua
268	01-Ene-91	14:02	14.675	-90.647	33	4.2	un	Motagua
272	20-Nov-91	21:09	15.077	-89.466	10	4.3	Mb	Motagua
314	13-Jun-94	08:09	14.704	-91.166	33	4	Mb	Motagua
334	17-May-95	21:37	14.947	-91.281	33	3.4	Mb	Motagua
336	25-Jun-95	21:25	14.331	-90.768	175.9	4.4	Mb	Motagua
337	10-Jul-95	14:14	15.782	-88.33	10	6.7	Mw	Motagua
338	10-Jul-95	14:31	15.828	-88.61	10	4.8	Mb	Motagua
344	18-Jul-95	17:56	15.654	-88.317	10	4.6	Mb	Motagua
345	11-Ago-95	09:35	15.86	-88.523	10	4.2	Mb	Motagua
350	24-Mar-96	11:26	15.034	-91.495	164.9	4.4	Mb	Motagua
351	27-Abr-96	15:58	15.045	-90.379	33	3.2	Mb	Motagua
358	07-Nov-96	09:15	14.918	-89.885	33	4.6	Mb	Motagua
359	08-Nov-96	03:44	14.868	-91.014	179	4.4	Mb	Motagua
1	23-Feb-59	13:34	14.7	-91.3	119	5.6	Mb	Subducción
6	06-Ago-59	09:35	14.6	-91.3	245	3.9	Mb	Subducción
23	01-Feb-61	03:46	14.3	-90.4	94	4.6	Mb	Subducción
26	27-Jul-61	13:20	14.5	-90.3	220	4.3	Mb	Subducción
30	13-Dic-61	14:21	14.5	-89.7	273	4.9	Mb	Subducción
32	14-Feb-62	00:16	14.5	-91.5	71	4.4	Mb	Subducción
33	14-Feb-62	14:54	14.5	-91.1	137	3.9	Mb	Subducción
39	07-Sep-62	06:43	14.7	-91.5	62	3.5	Mb	Subducción
42	04-Dic-62	16:11	14.4	-90.5	53	4.2	Mb	Subducción
47	08-Mar-63	14:08	14.537	-91.473	102	4.7	Mb	Subducción
51	26-Ago-63	06:32	14.2	-89.6	65	4.3	Mb	Subducción
52	25-Sep-63	12:14	15	-91.3	122	4	Mb	Subducción
54	11-Oct-63	03:17	14.4	-90.4	190	3.9	Mb	Subducción
57	10-Ene-64	20:48	14.3	-89.9	197	4.4	Mb	Subducción
58	05-May-64	14:37	14.641	-90.821	123	5.1	Mb	Subducción
59	06-Jul-64	19:49	14.678	-88.939	134	4.5	Mb	Subducción
61	01-Oct-64	02:45	14.207	-90.989	99	4.5	Mb	Subducción
64	28-Ago-65	13:53	14.465	-90.989	118	4.3	Mb	Subducción
65	14-Oct-65	11:54	14.32	-90.994	105	4.4	Mb	Subducción
66	14-Nov-65	16:40	14.575	-90.405	121	3.9	Mb	Subducción
70	23-Mar-66	08:24	14.443	-90.324	197	4.2	Mb	Subducción
72	15-Nov-66	06:17	14.277	-90.188	204	4.6	Mb	Subducción
73	02-Feb-67	14:48	14.382	-91.388	95	4.9	Mb	Subducción
74	27-May-67	14:12	14.834	-91.405	124	5.4	Mb	Subducción
75	12-Jun-67	03:54	14.254	-91.3	104	4.3	Mb	Subducción
76	05-Ago-67	19:52	14.298	-90.834	87	4.6	Mb	Subducción
81	22-Nov-67	10:24	14.412	-90.171	190	4.6	Mb	Subducción
86	28-Mar-68	15:08	14.417	-90.777	82	4.2	Mb	Subducción
87	29-Sep-68	11:15	14.366	-91.366	119	4.4	Mb	Subducción
90	21-Feb-69	07:38	14.504	-90.977	100	4.6	Mb	Subducción
91	09-Abr-69	21:05	15.314	-91.453	88	4.1	Mb	Subducción
92	03-May-69	00:30	14.925	-91.161	131	4.1	Mb	Subducción

Tabla No. 7. Asignación de eventos a Fuentes Sísmicas.

7	25-Ago-59	01:30	14.4	-91.3	33	3.8	Mb	Cadena volcánica
93	23-May-69	19:34	14.71	-91.234	100	5.2	Mb	Subducción
94	09-Jun-69	17:35	14.203	-91.402	92	4.6	Mb	Subducción
96	05-Nov-69	01:02	14.447	-91.38	111	4.7	Mb	Subducción
97	09-Nov-69	19:46	14.636	-90.219	243	4.6	Mb	Subducción
98	27-Nov-69	06:45	14.497	-89.995	230	5	Mb	Subducción
99	13-Abr-70	06:55	14.712	-91.312	138	5.3	Mb	Subducción
101	11-Oct-70	05:32	14.521	-91.445	105	4.1	Mb	Subducción
102	16-Oct-70	19:54	14.373	-91.05	160	4.4	Mb	Subducción
103	22-Oct-70	13:36	14.694	-90.585	231	4.6	Mb	Subducción
104	23-Dic-70	02:10	14.259	-90.08	155	5.4	Mb	Subducción
106	10-Ene-71	18:07	14.537	-91.446	104	4.6	Mb	Subducción
107	19-Feb-71	03:23	14.511	-91.121	143	4.6	Mb	Subducción
109	03-Abr-71	14:36	14.379	-91.365	143	4.2	Mb	Subducción
110	12-Ago-71	23:07	14.528	-89.877	256	4.7	Mb	Subducción
111	29-Sep-71	15:35	14.324	-91.03	107	4.8	Mb	Subducción
112	17-Ene-72	08:08	14.595	-91.226	131	4.5	Mb	Subducción
132	18-Feb-72	22:56	14.3	-90.335	61	4.9	Mb	Subducción
139	14-May-72	12:56	14.273	-90.859	83	4.4	Mb	Subducción
141	02-Ago-72	10:36	14.26	-91.071	106	4.2	Mb	Subducción
142	22-Ago-72	03:41	14.775	-89.649	88	4.5	Mb	Subducción
144	08-Dic-72	04:24	14.356	-90.214	199	4.7	Mb	Subducción
145	12-Mar-73	07:36	14.36	-91.329	183	4.5	Mb	Subducción
146	06-Abr-73	20:28	14.757	-91.239	33	4.9	Mb	Subducción
148	20-Abr-73	15:08	14.741	-91.5	109	4.9	Mb	Subducción
149	14-Ago-73	05:54	14.399	-90.963	121	4.3	Mb	Subducción
152	21-Feb-74	06:07	14.249	-91.378	100	5.7	Mb	Subducción
153	03-Mar-74	17:35	14.341	-91.334	101	5.2	Mb	Subducción
155	14-Abr-74	17:18	14.2	-91.386	107	5.2	Mb	Subducción
158	17-Ago-74	15:35	14.374	-91.454	96	5.5	Mb	Subducción
159	09-Sep-74	23:24	14.27	-91.497	94	5.6	Mb	Subducción
162	07-Mar-75	13:18	14.37	-91.423	139	4.3	Mb	Subducción
163	06-Abr-75	13:34	14.663	-90.575	92	4.5	Mb	Subducción
167	12-Nov-75	04:19	14.565	-91.154	130	4.9	Mb	Subducción
169	19-Dic-75	12:08	14.324	-90.201	238	4.6	Mb	Subducción
170	07-Ene-76	16:43	14.276	-91.362	89	4.5	Mb	Subducción
171	09-Feb-76	19:26	14.251	-91.051	92	4.4	Mb	Subducción
175	12-May-76	17:20	14.225	-90.032	47	4.8	Mb	Subducción
176	17-May-76	07:09	14.716	-91.317	105	5.3	Mb	Subducción
180	20-Oct-76	05:40	14.603	-91.173	104	4.2	Mb	Subducción
181	06-Nov-77	22:02	14.595	-90.416	200.2	5.3	Mb	Subducción
184	13-Jun-78	22:54	14.271	-90.288	91	4.7	Mb	Subducción
190	24-Oct-78	10:19	14.42	-90.533	192	4.6	Mb	Subducción
191	08-Nov-78	11:46	14.299	-91.263	100.6	4.7	Mb	Subducción
192	16-Ene-79	17:52	14.249	-91.072	83	5	Mb	Subducción
195	08-Jun-79	22:07	14.379	-91.391	116.5	4.5	Mb	Subducción
196	03-Ago-79	13:52	14.429	-91.277	87	5.1	Mb	Subducción
201	30-Oct-80	20:44	14.282	-89.796	259.2	4.2	Mb	Subducción
203	22-Nov-80	19:27	14.55	-90.736	213.2	4.8	Mb	Subducción
205	12-Jun-81	11:42	14.729	-90.546	222.6	5	Mb	Subducción
206	01-Sep-81	19:28	14.284	-91.124	145.7	4.1	Mb	Subducción
210	14-Feb-82	21:37	14.774	-91.414	136.1	5.3	Mb	Subducción
214	10-Mar-83	23:28	14.244	-91.479	80.4	4.6	Mb	Subducción

Tabla No8. Relación G-R fuente Chixoy-Polochic

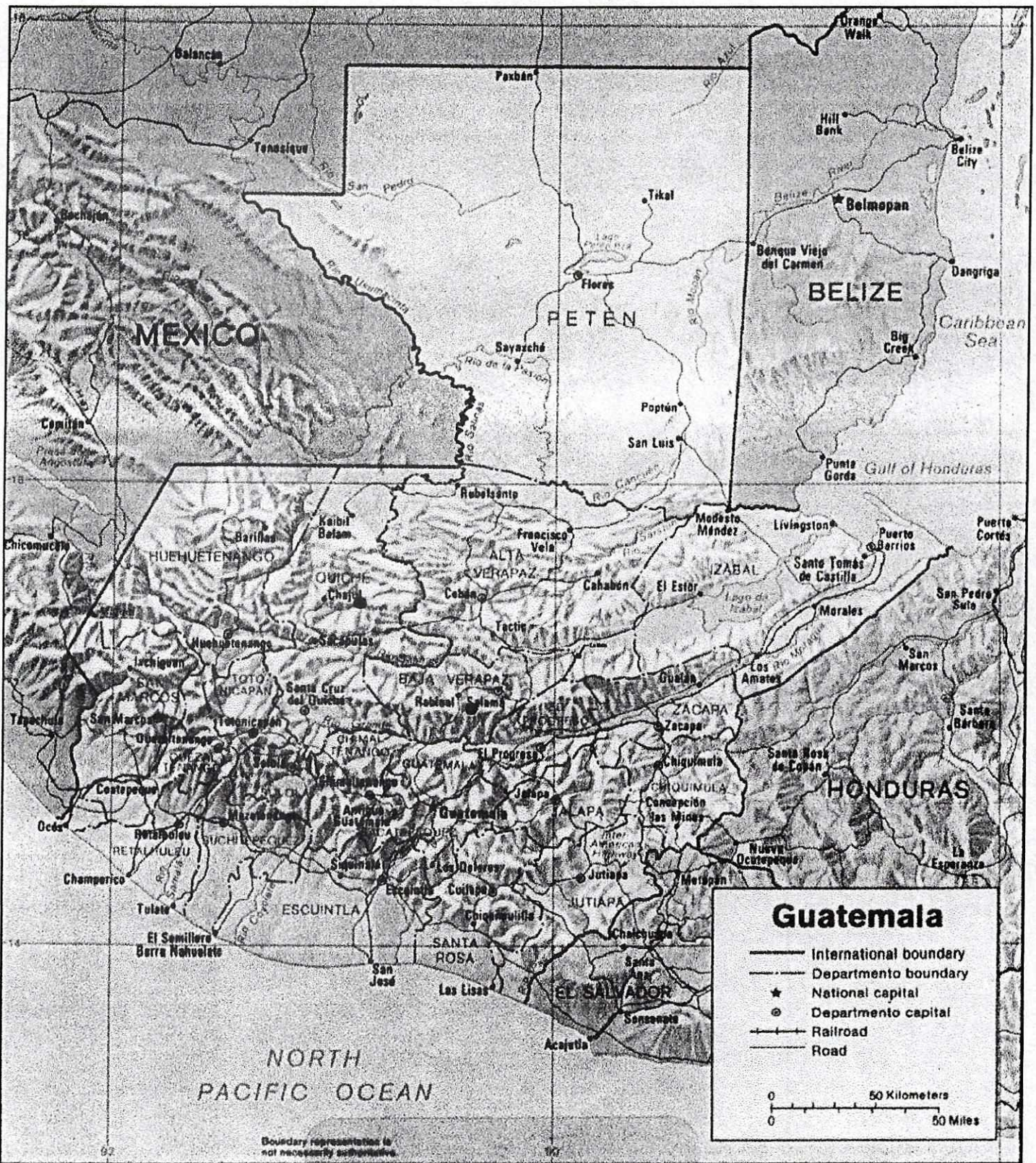
Fuente sísmica: Sismos Mayores a:	Chixoy Polochic	
	No	Ln N
3.2	39	3.66
3.3	38	3.64
3.4	38	3.64
3.5	38	3.64
3.6	37	3.61
3.7	37	3.61
3.8	36	3.58
3.9	34	3.53
4.0	29	3.37
4.1	27	3.30
4.2	24	3.18
4.3	23	3.14
4.4	16	2.77
4.5	10	2.30
4.6	10	2.30
4.7	8	2.08
4.8	7	1.95
4.9	5	1.61
5.0	3	1.10
5.1	2	0.69
5.2	1	0.00
5.3	1	0.00
5.4	0	
Parámetros de Gutenberg-Richter:		
Alfa=	8.89	
Beta=	-1.46	

Tabla No9. Relación G-R fuente Motagua

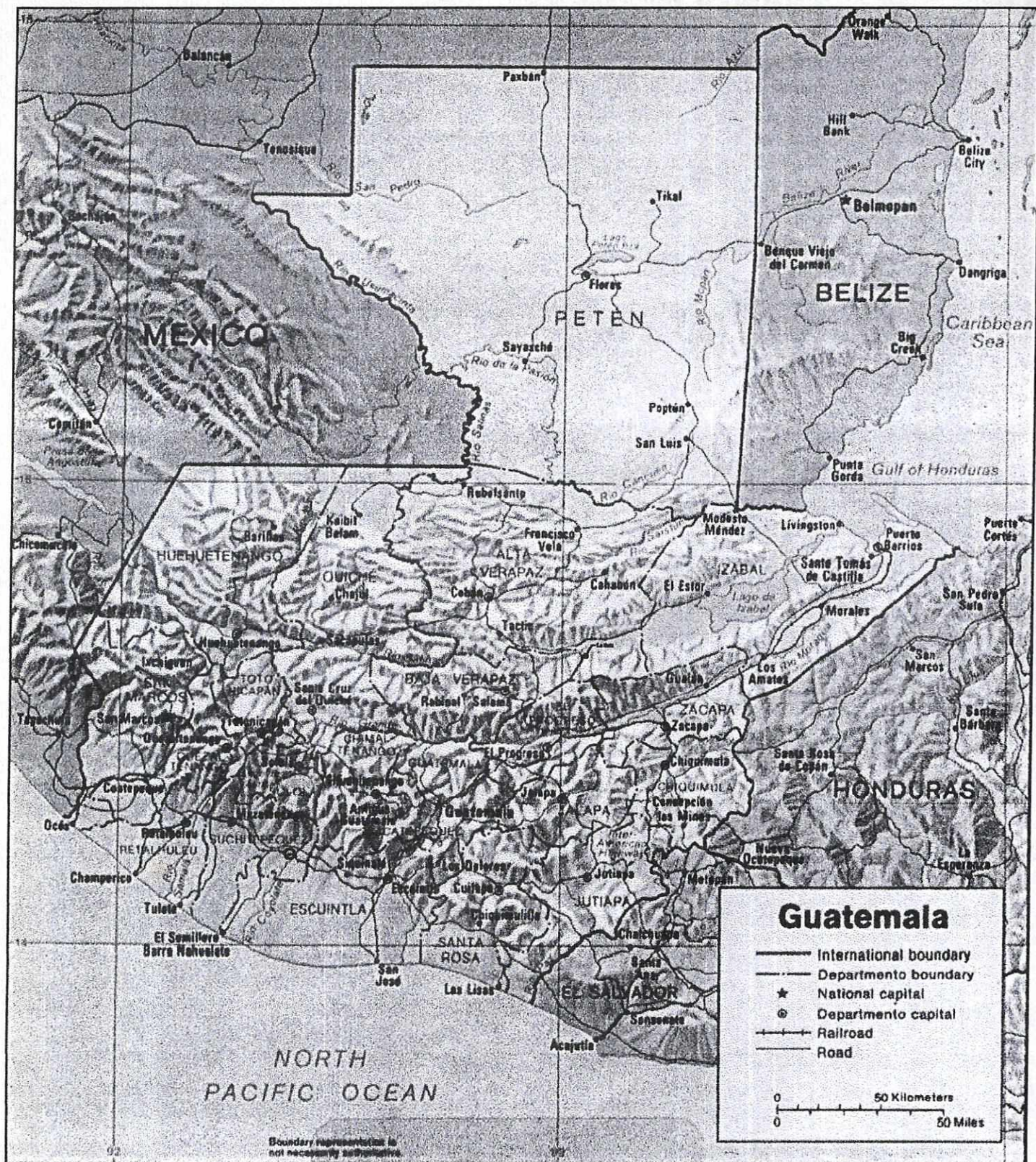
Fuente sísmica:	Motagua	
Sismos Mayores a:	No	Ln N
3.2	72	4.28
3.3	71	4.26
3.4	70	4.25
3.5	70	4.25
3.6	69	4.23
3.7	68	4.22
3.8	64	4.16
3.9	61	4.11
4.0	60	4.09
4.1	56	4.03
4.2	51	3.93
4.3	44	3.78
4.4	38	3.64
4.5	32	3.47
4.6	26	3.26
4.7	21	3.04
4.8	17	2.83
4.9	14	2.64
5.0	14	2.64
5.1	11	2.40
5.2	9	2.20
5.3	8	2.08
5.4	6	1.79
5.5	6	1.79
5.6	5	1.61
5.7	3	1.10
6.0	3	1.10
Parámetros de Gutenberg-Richter:		
Alfa=	8.96	
Beta=	-1.29	

Tabla No10. Relación G-R fuente Cadena volcánica

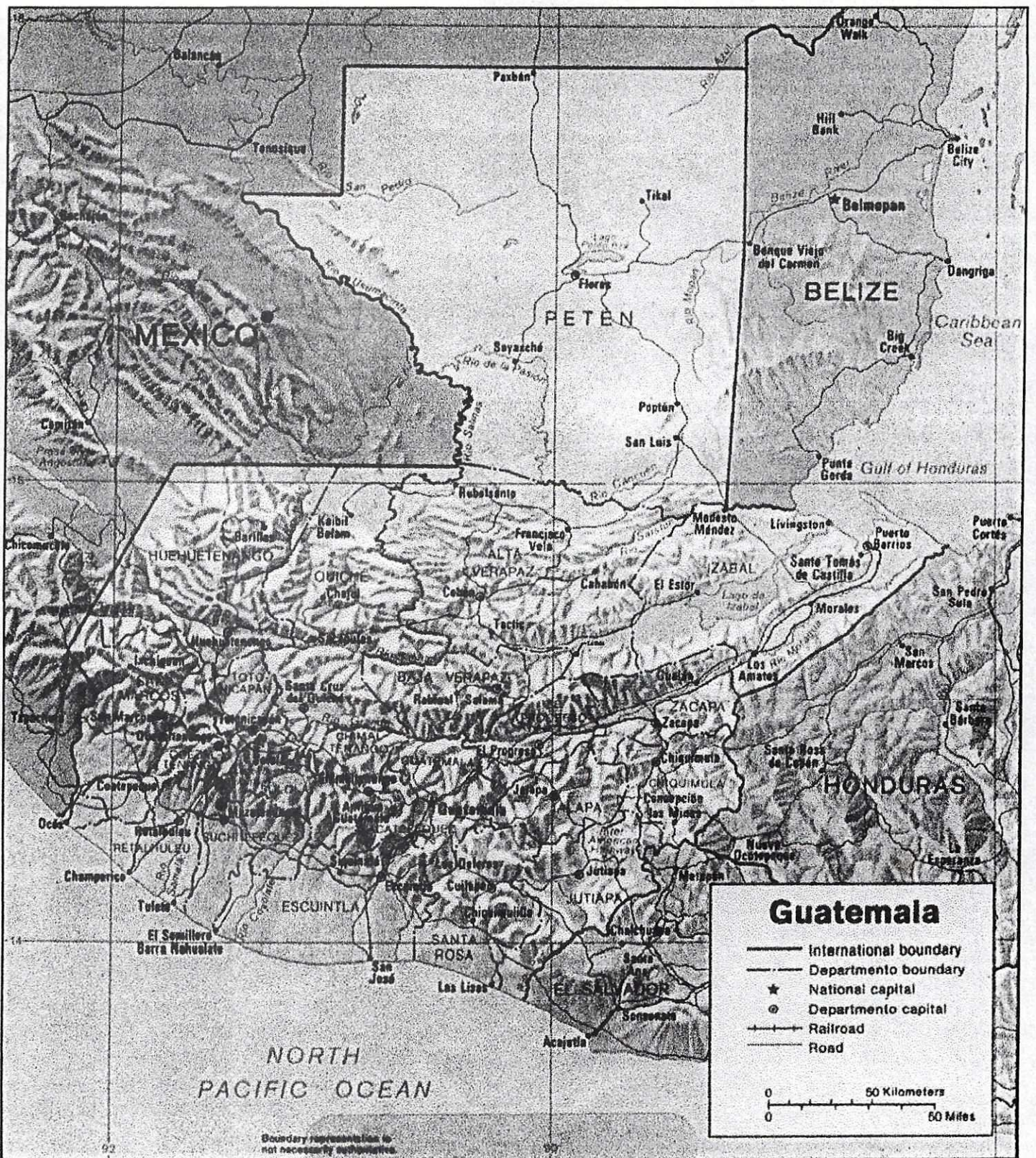
Fuente sísmica:	Cadena volcánica	
Sismos Mayores a:	No	Ln N
3.2	65	4.17
3.3	65	4.17
3.4	65	4.17
3.5	65	4.17
3.6	62	4.13
3.7	59	4.08
3.8	47	3.85
3.9	40	3.69
4.0	60	4.09
4.1	34	3.53
4.2	30	3.40
4.3	26	3.26
4.4	21	3.04
4.5	18	2.89
4.6	11	2.40
4.7	8	2.08
4.8	5	1.61
4.9	4	1.39
5.0	1	0.00
5.1	1	0.00
5.2	1	0.00
5.3	1	0.00
5.4	1	0.00
Parámetros de Gutenberg-Richter:		
Alfa=	9.84	
Beta=	-1.6	



Sismos con magnitud Mb 3.2



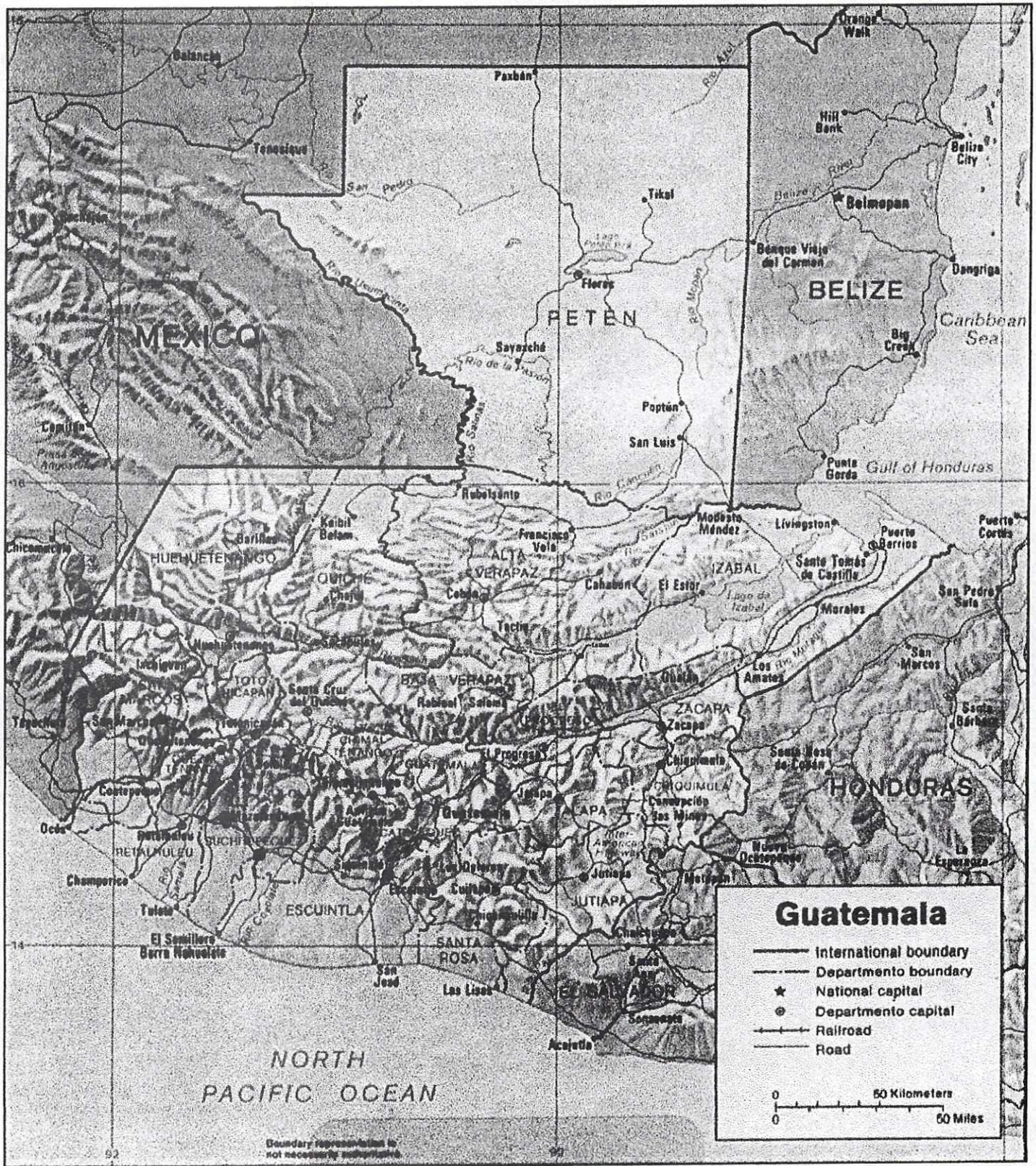
Sismos con magnitud Mb 3.4



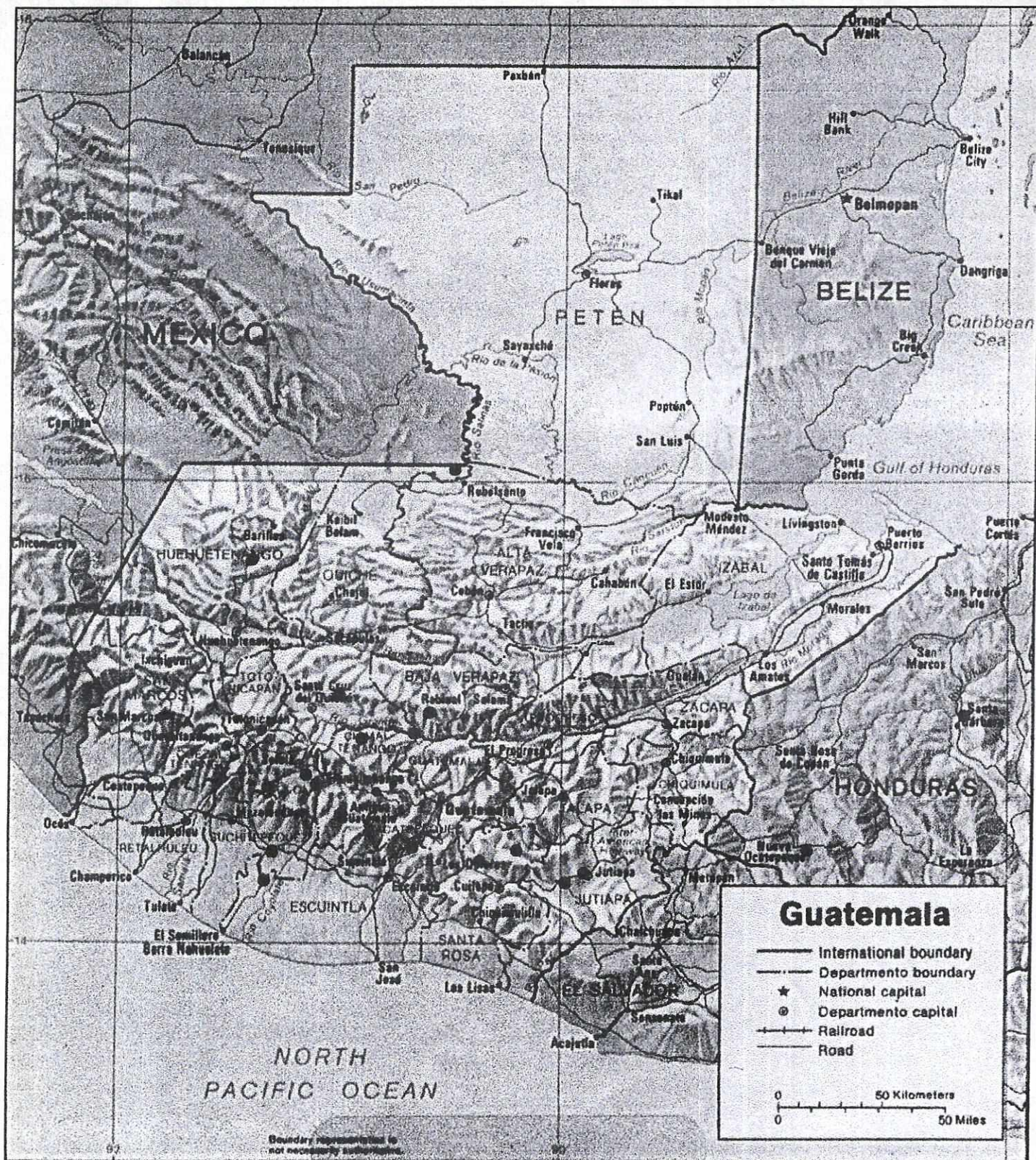
Sismos con magnitud Mb 3.5



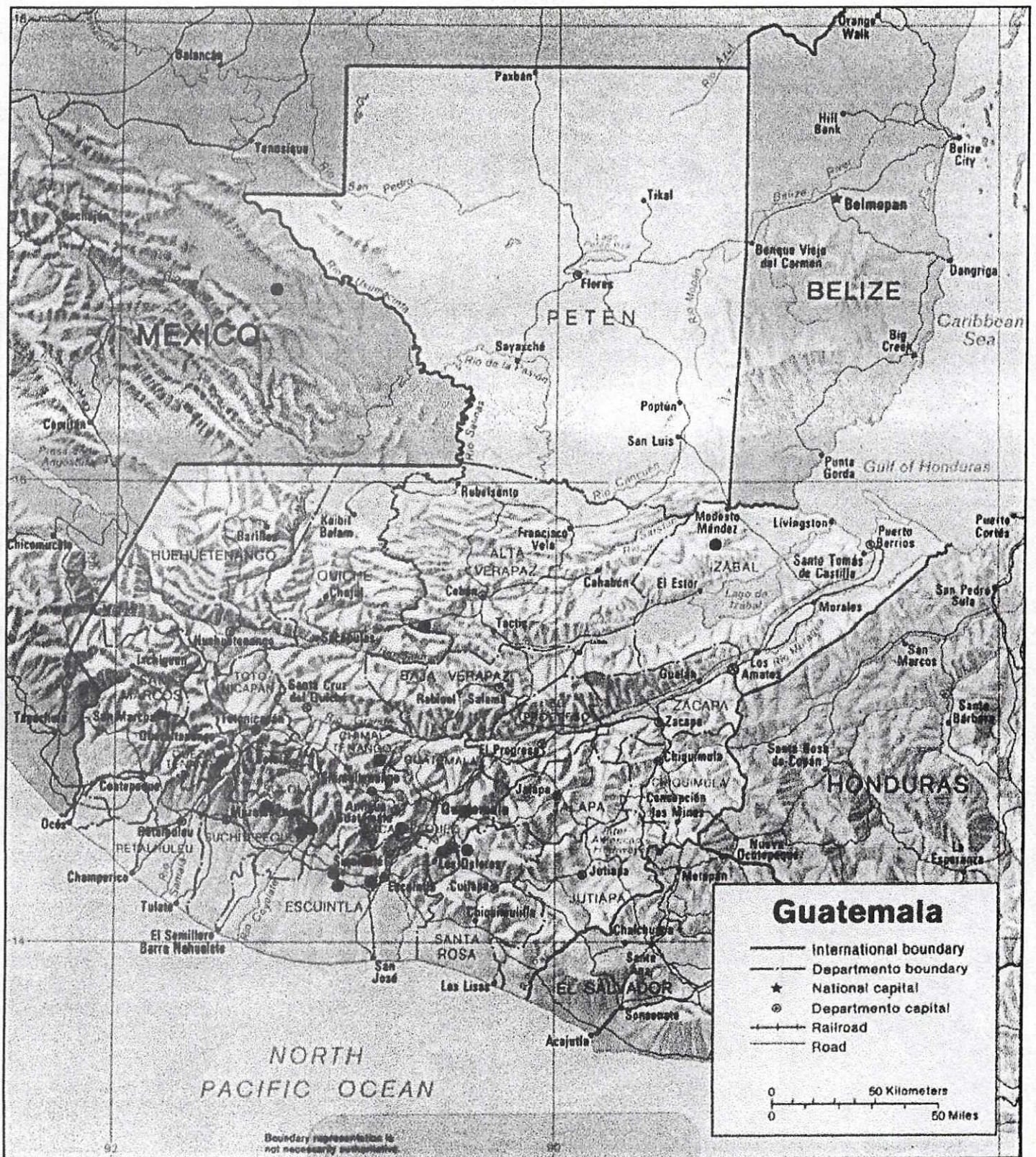
Sismos con magnitud Mb 3.6



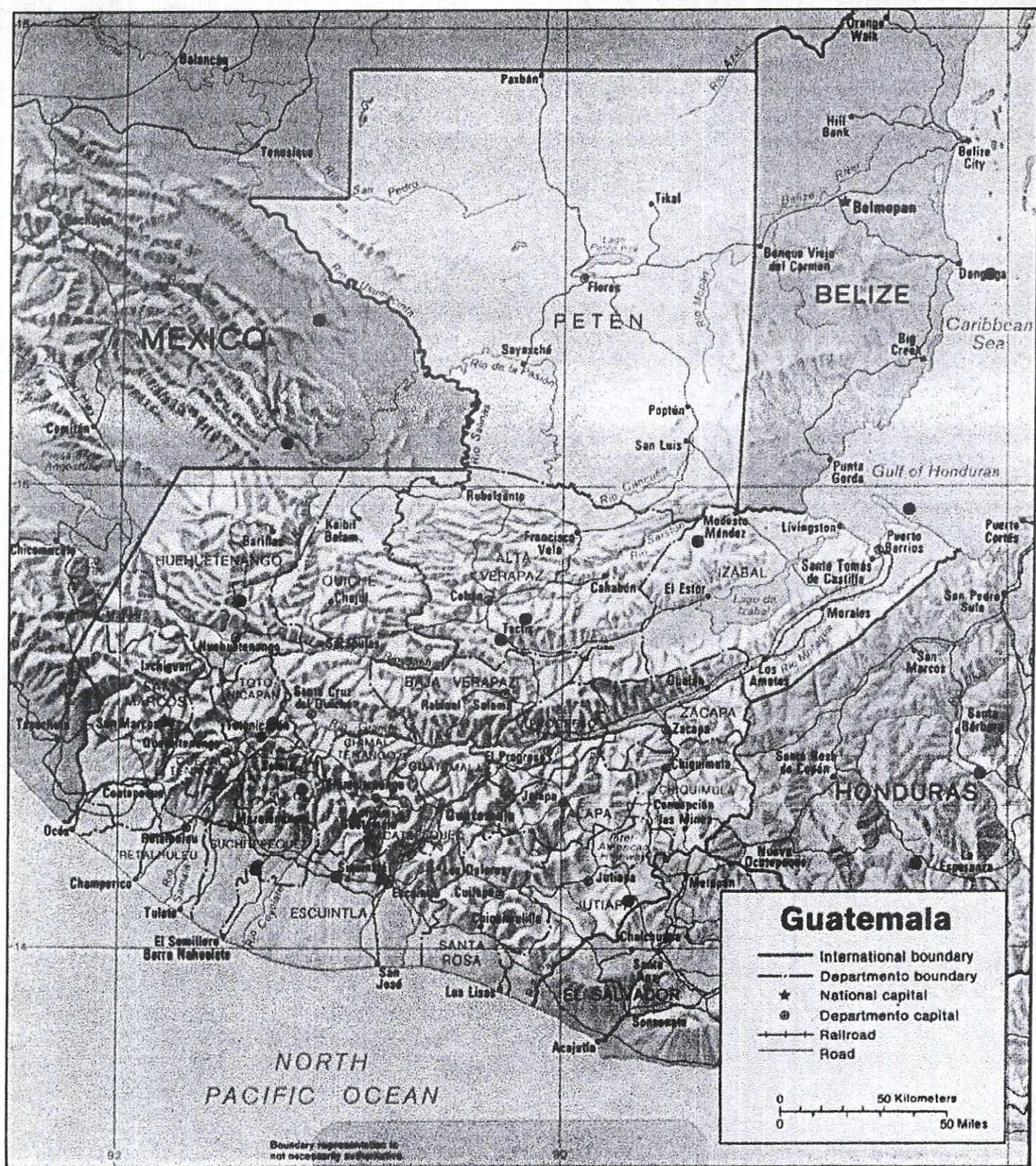
Sismos con magnitud Mb 3.7



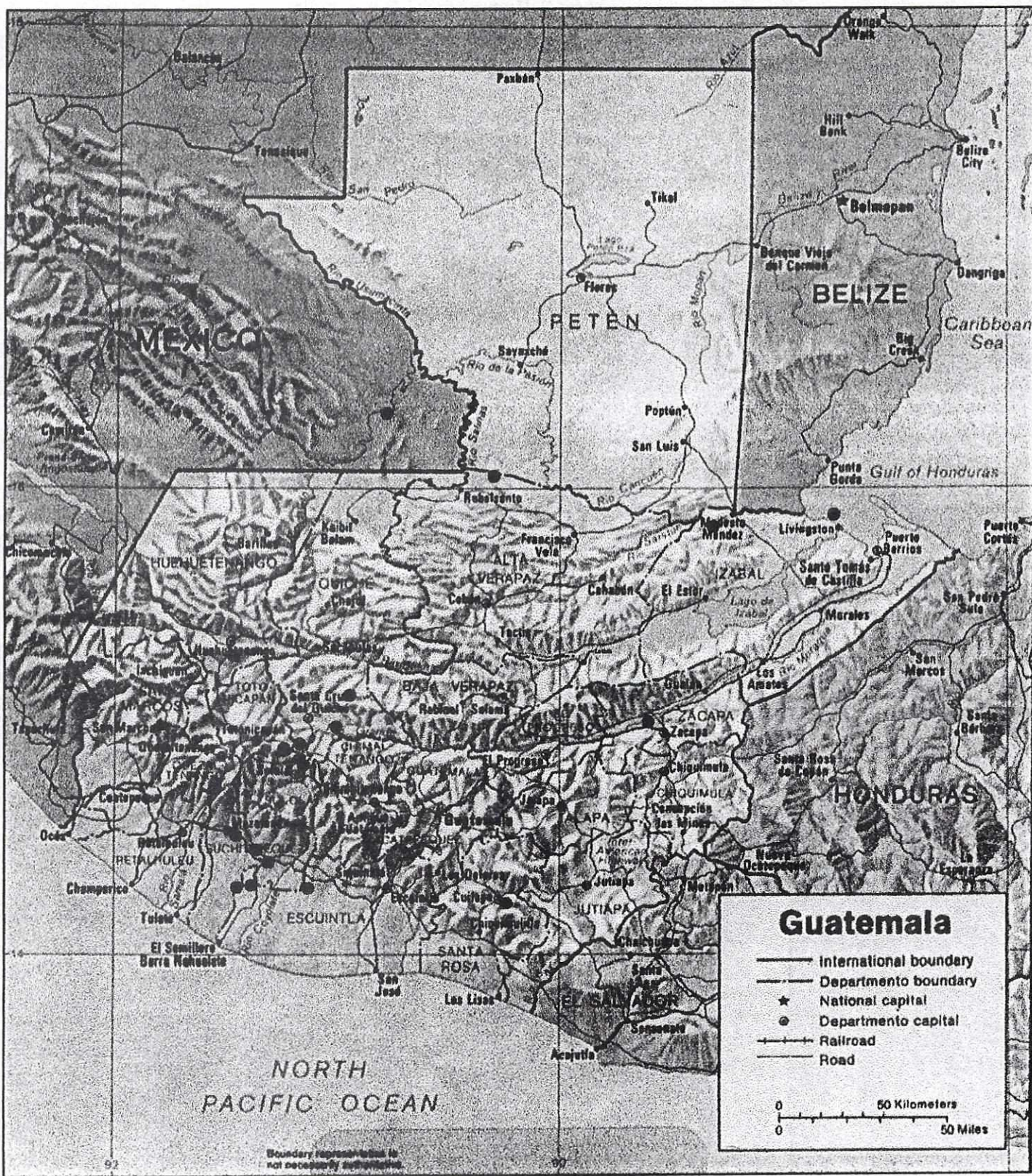
Sismos con magnitud Mb 3.8



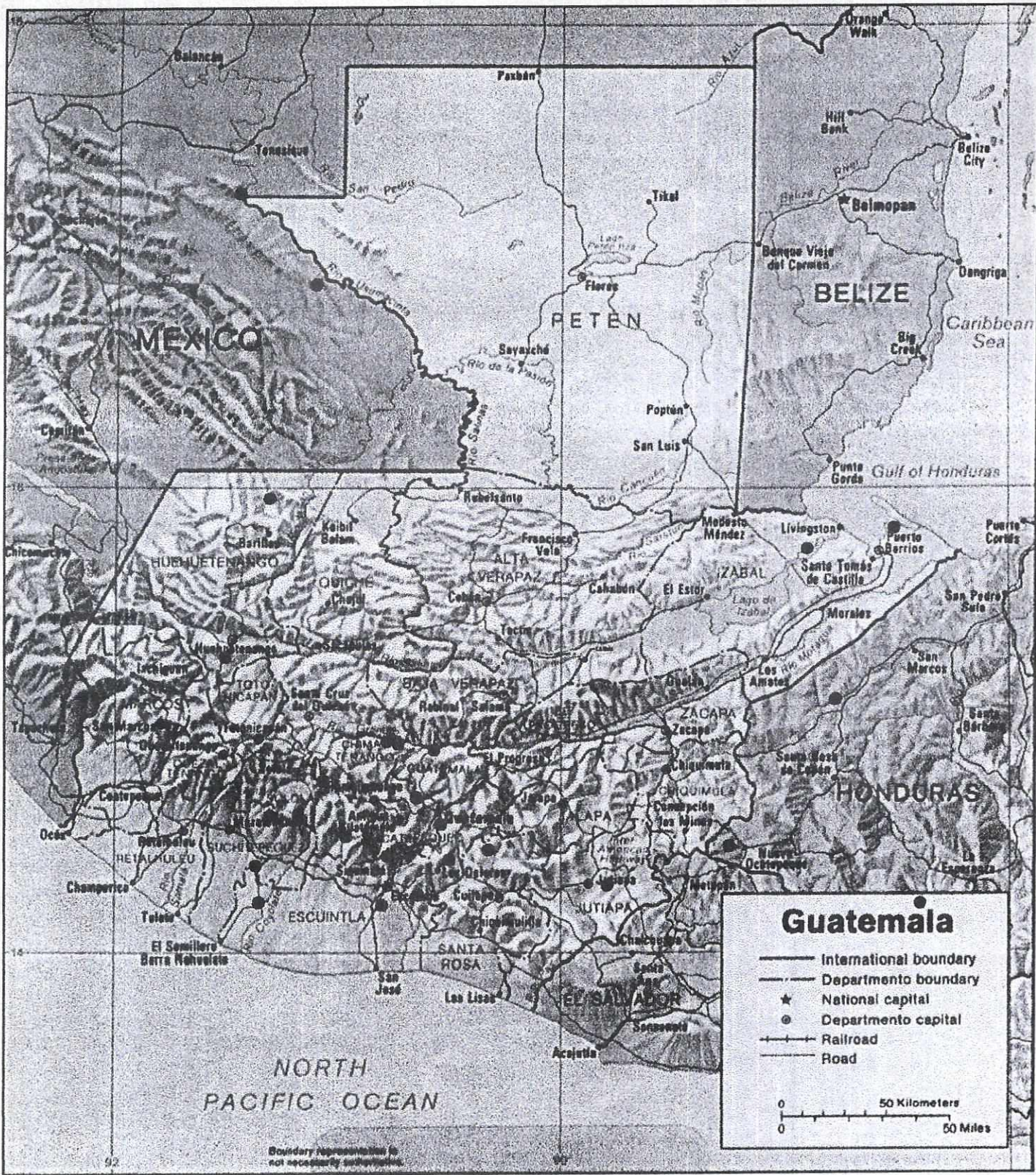
Sismos con magnitud Mb 3.9



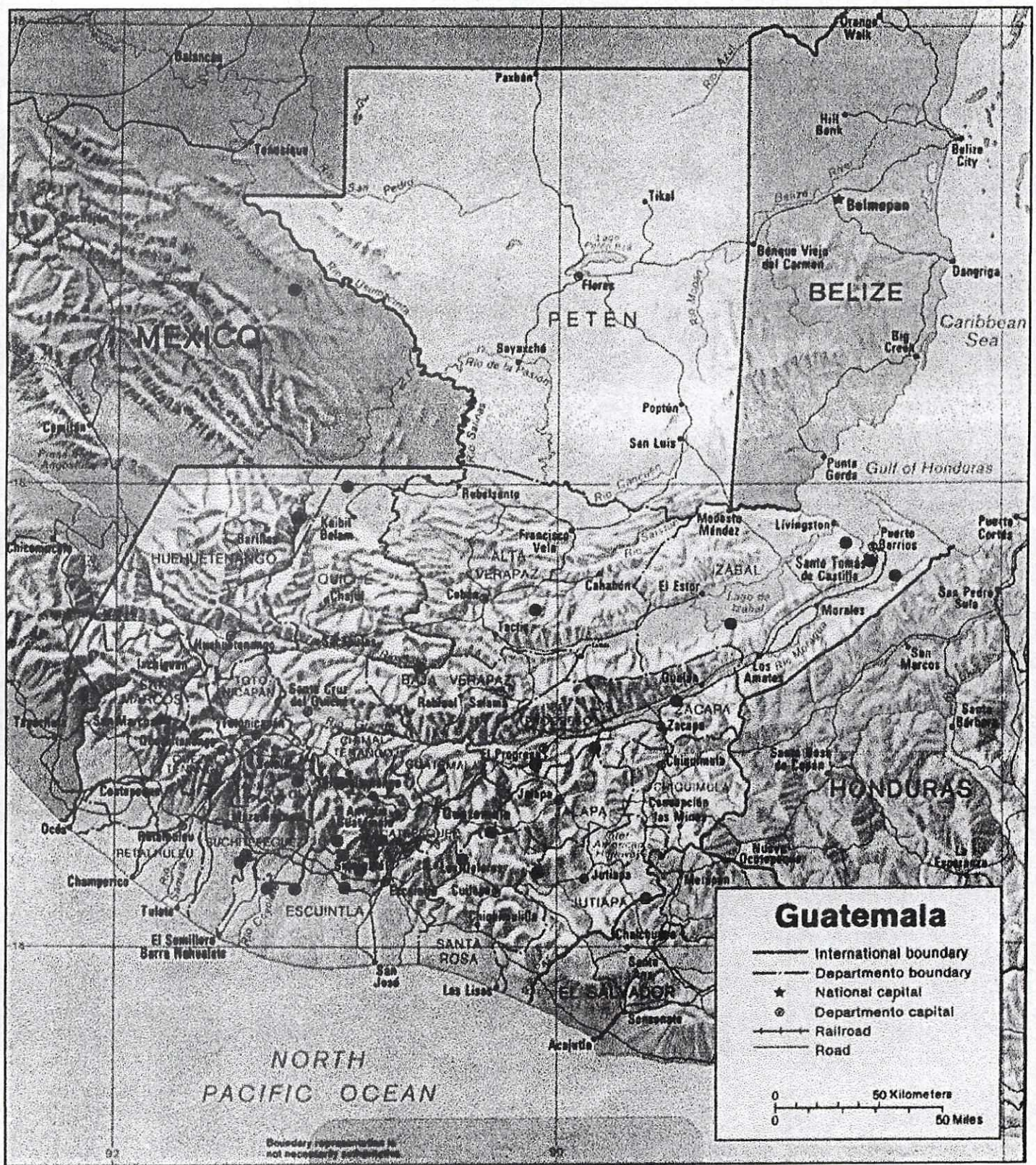
Sismos con magnitud Mb 4.0



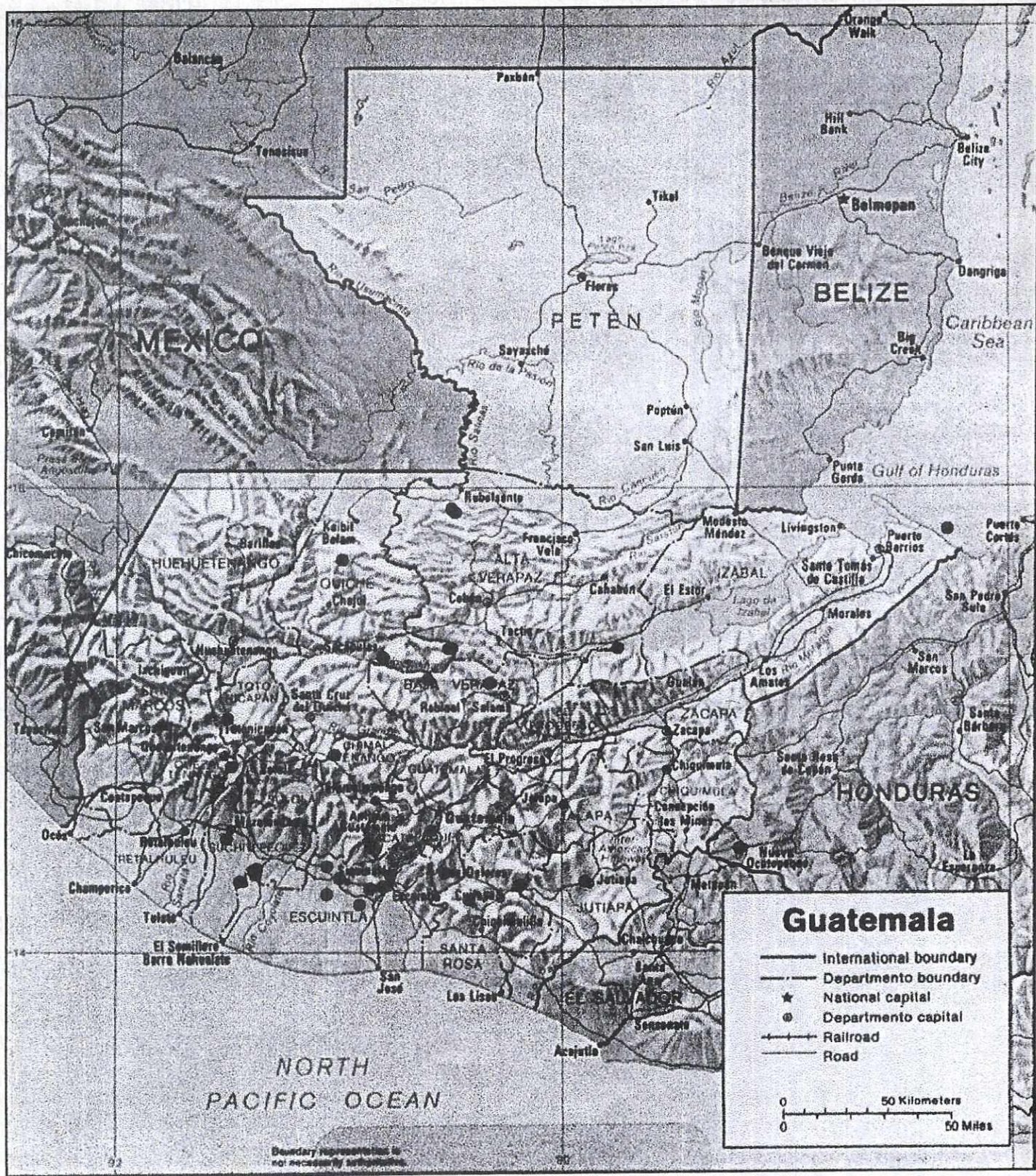
Sismos con magnitud Mb 4.1



Sismos con magnitud Mb 4.2



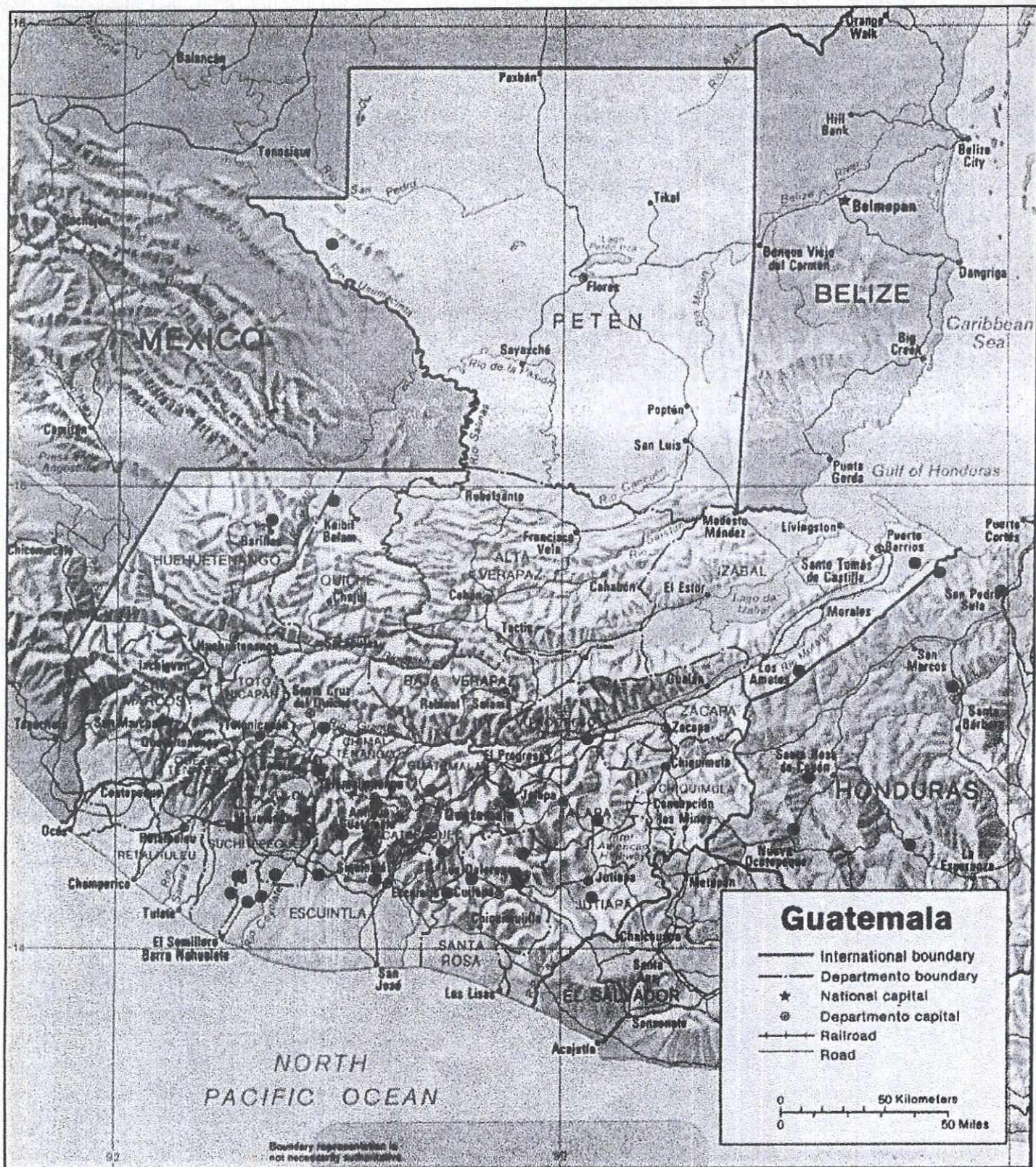
Sismos con magnitud Mb 4.3



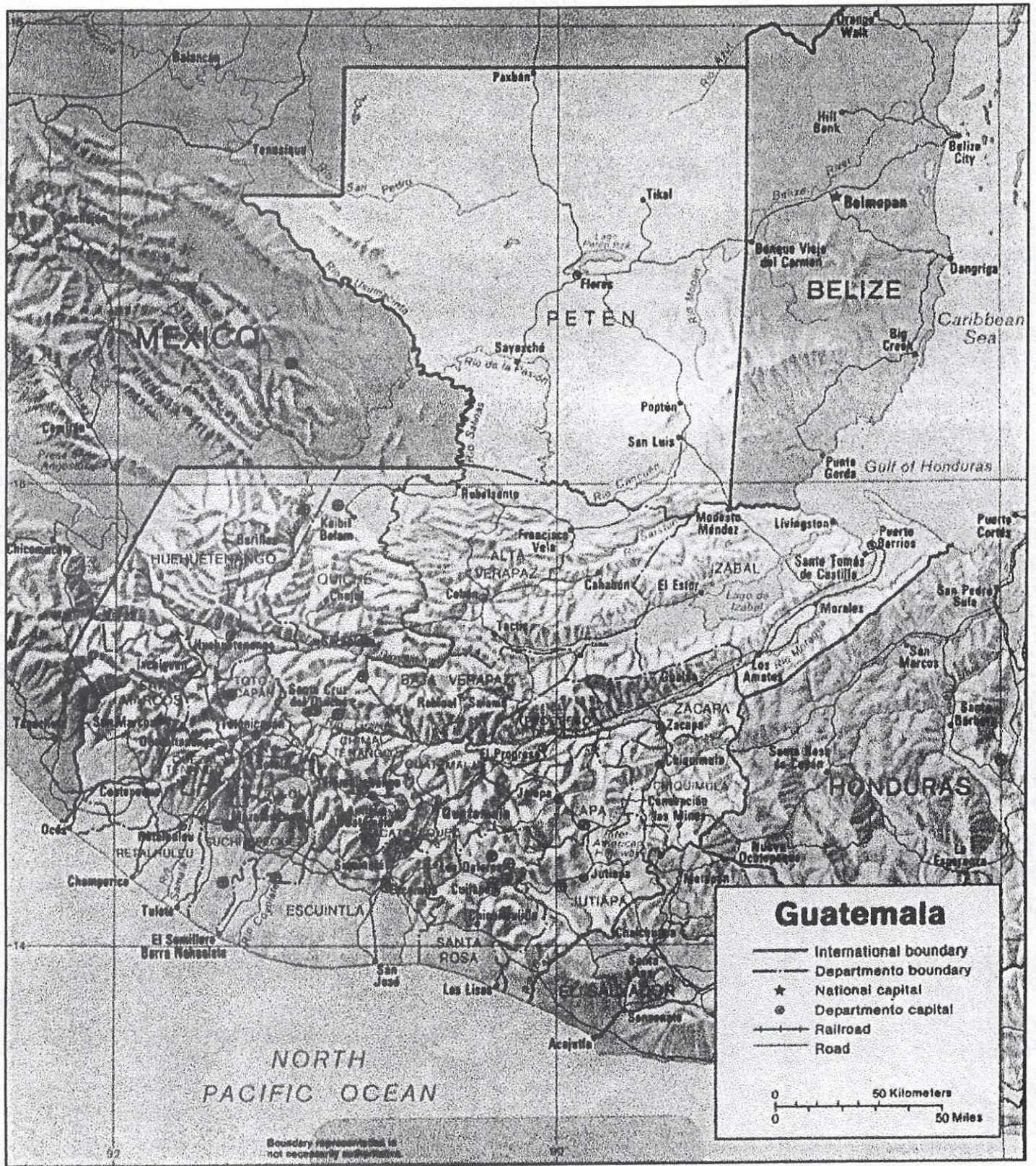
Sismos con magnitud Mb 4.4



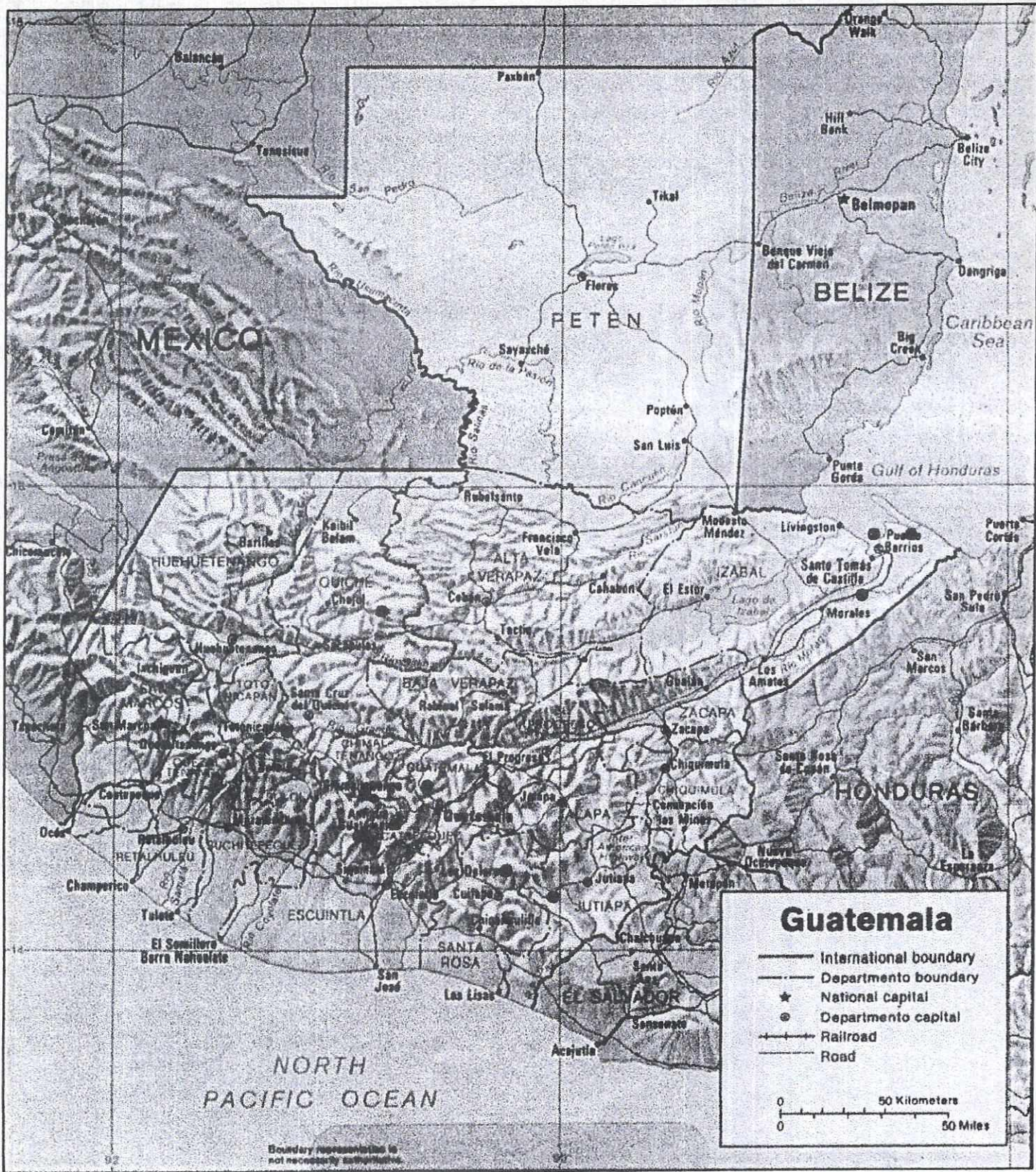
Sismos con magnitud Mb 4.5



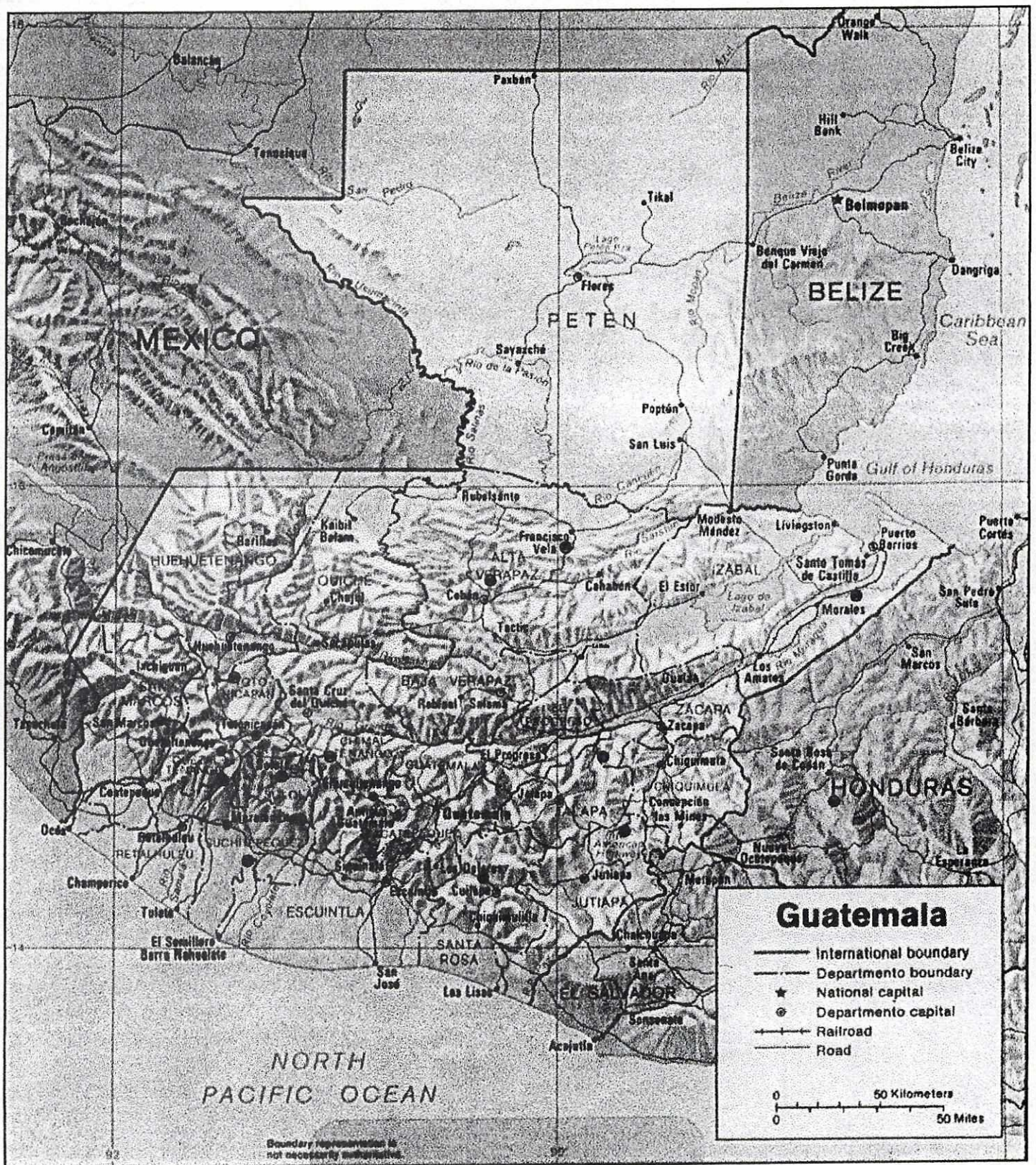
Sismos con magnitud Mb 4.6



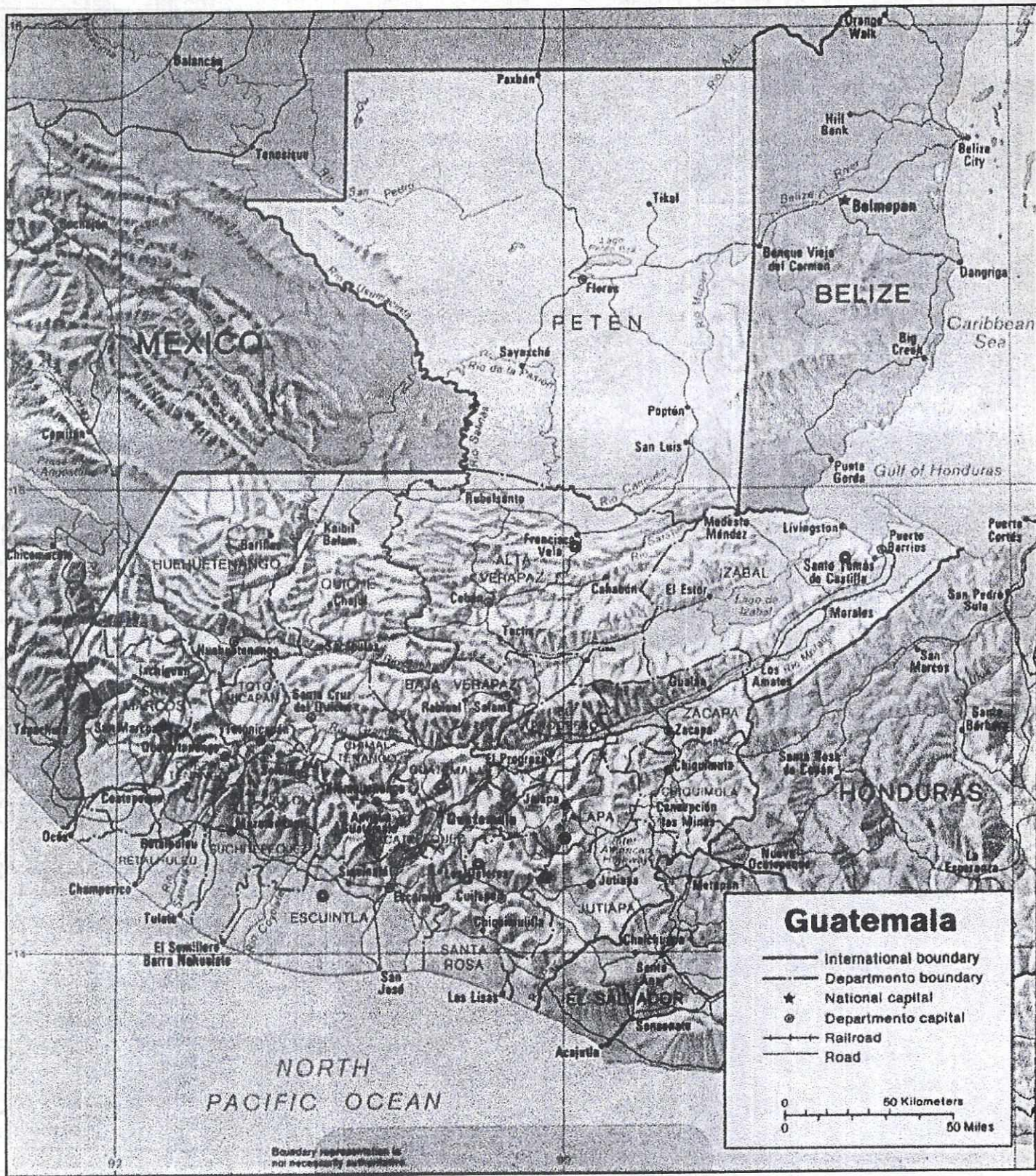
Sismos con magnitud Mb 4.7



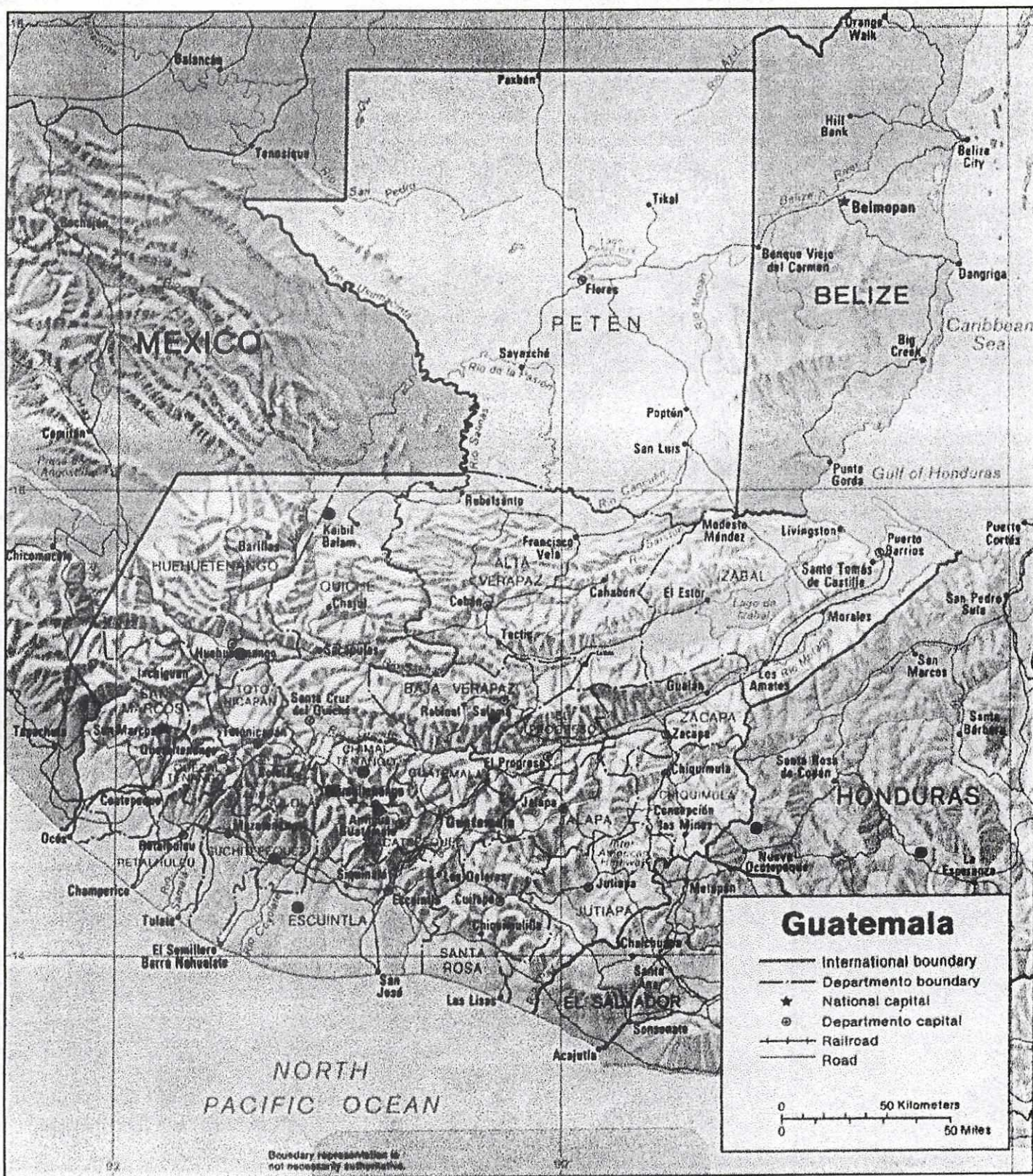
Sismos con magnitud Mb 4.8



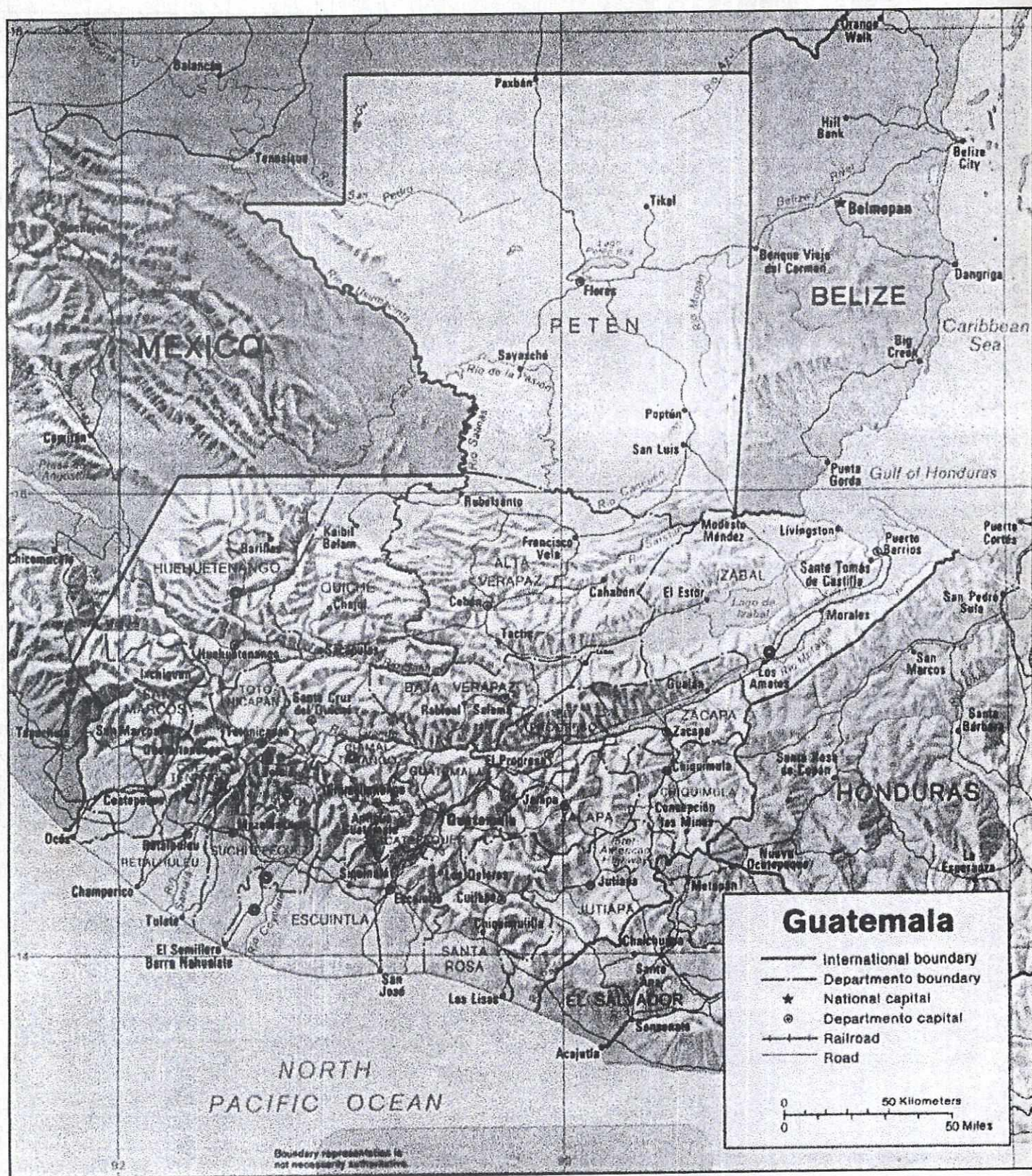
Sismos con magnitud Mb 4.9



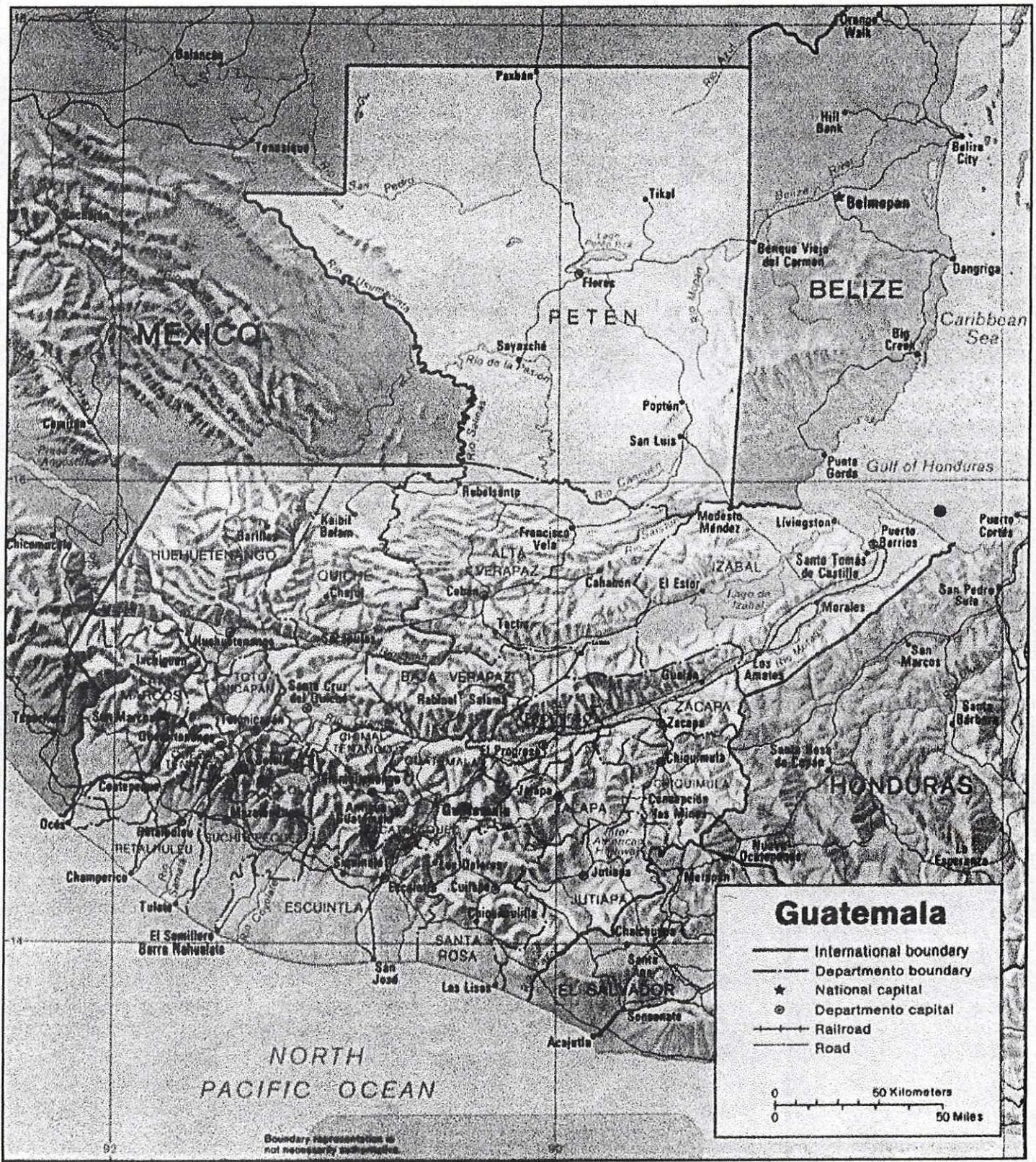
Sismos con magnitud Mb 5.0



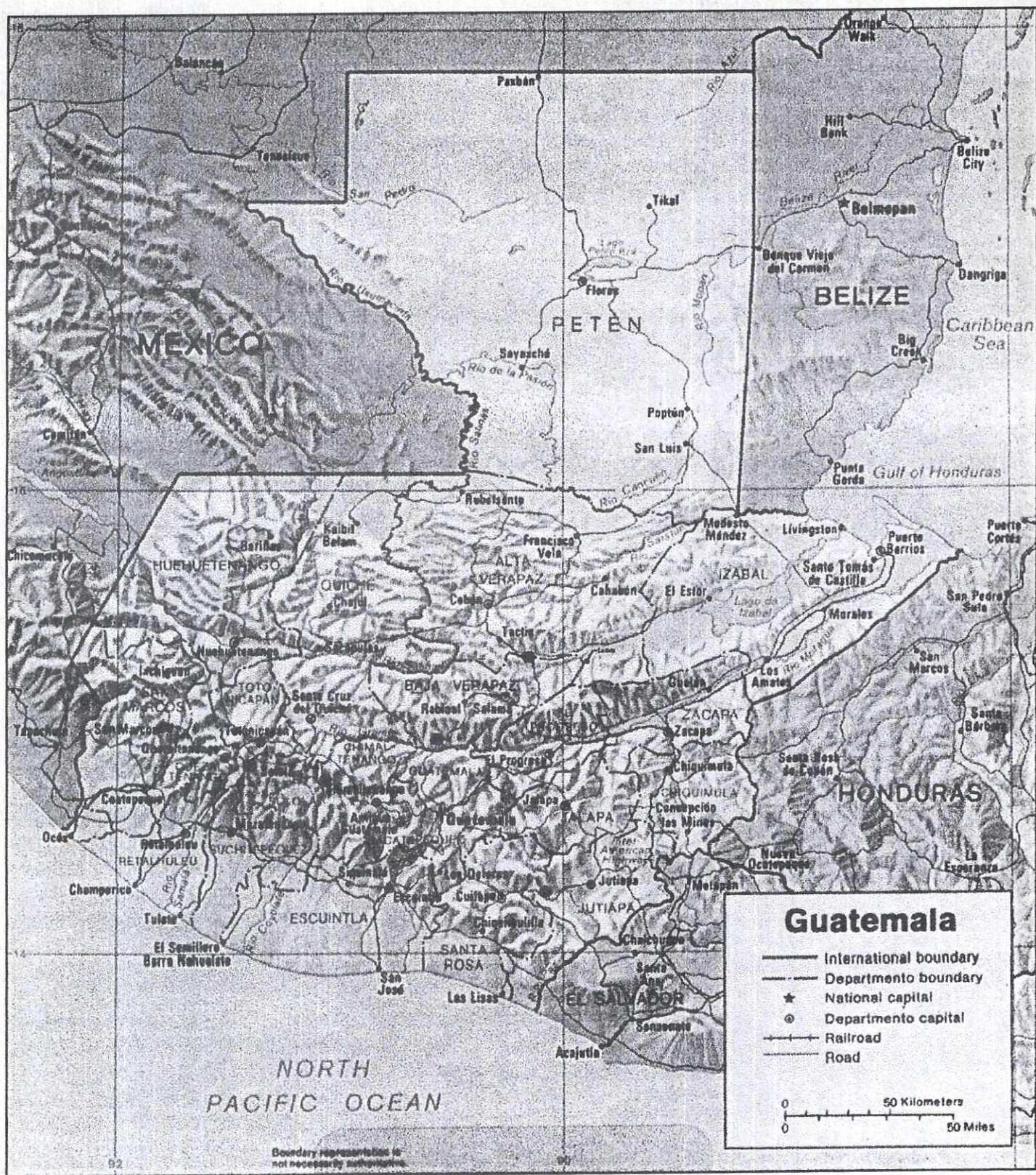
Sismos con magnitud Mb 5.1



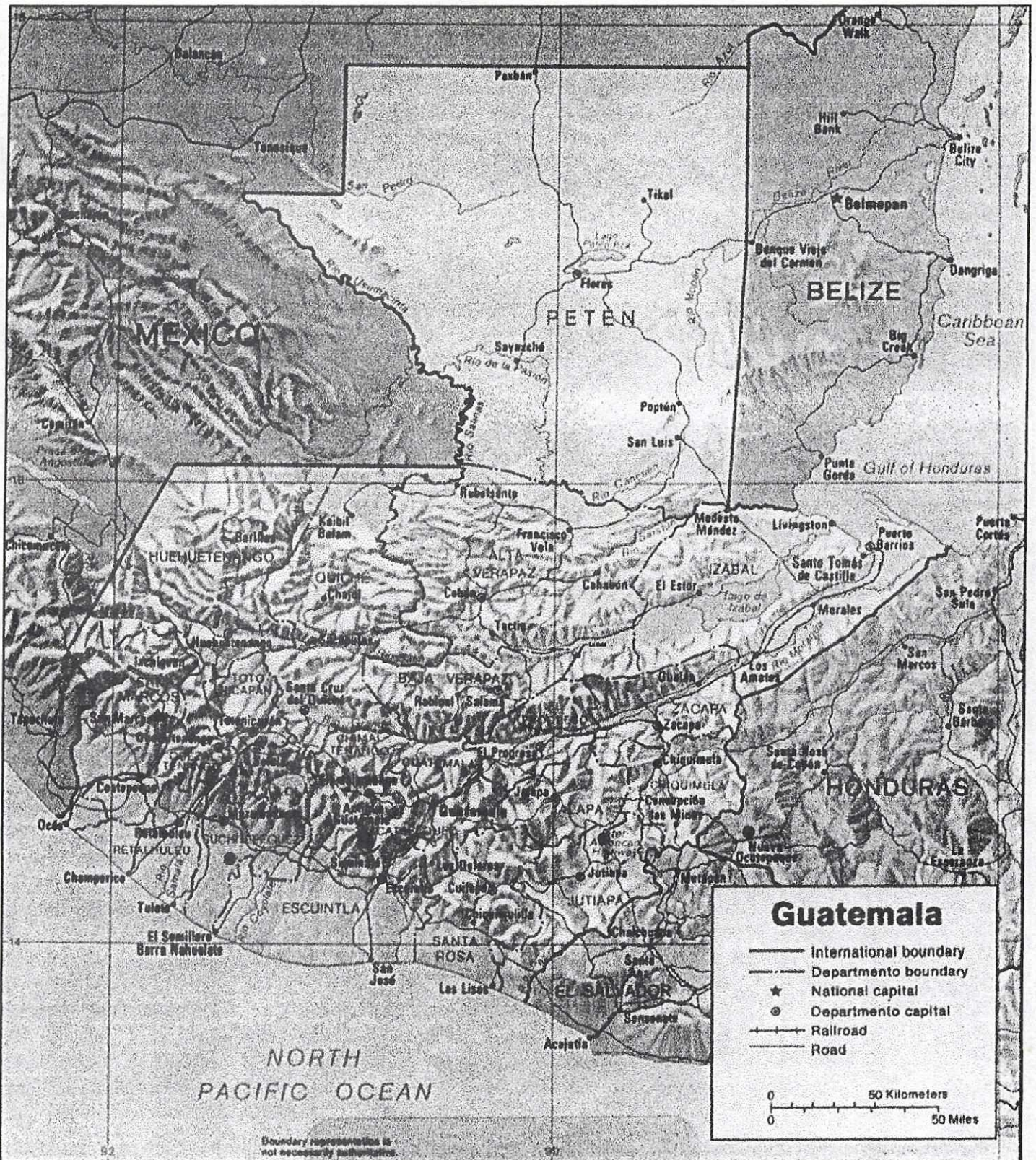
Sismos con magnitud Mb 5.2



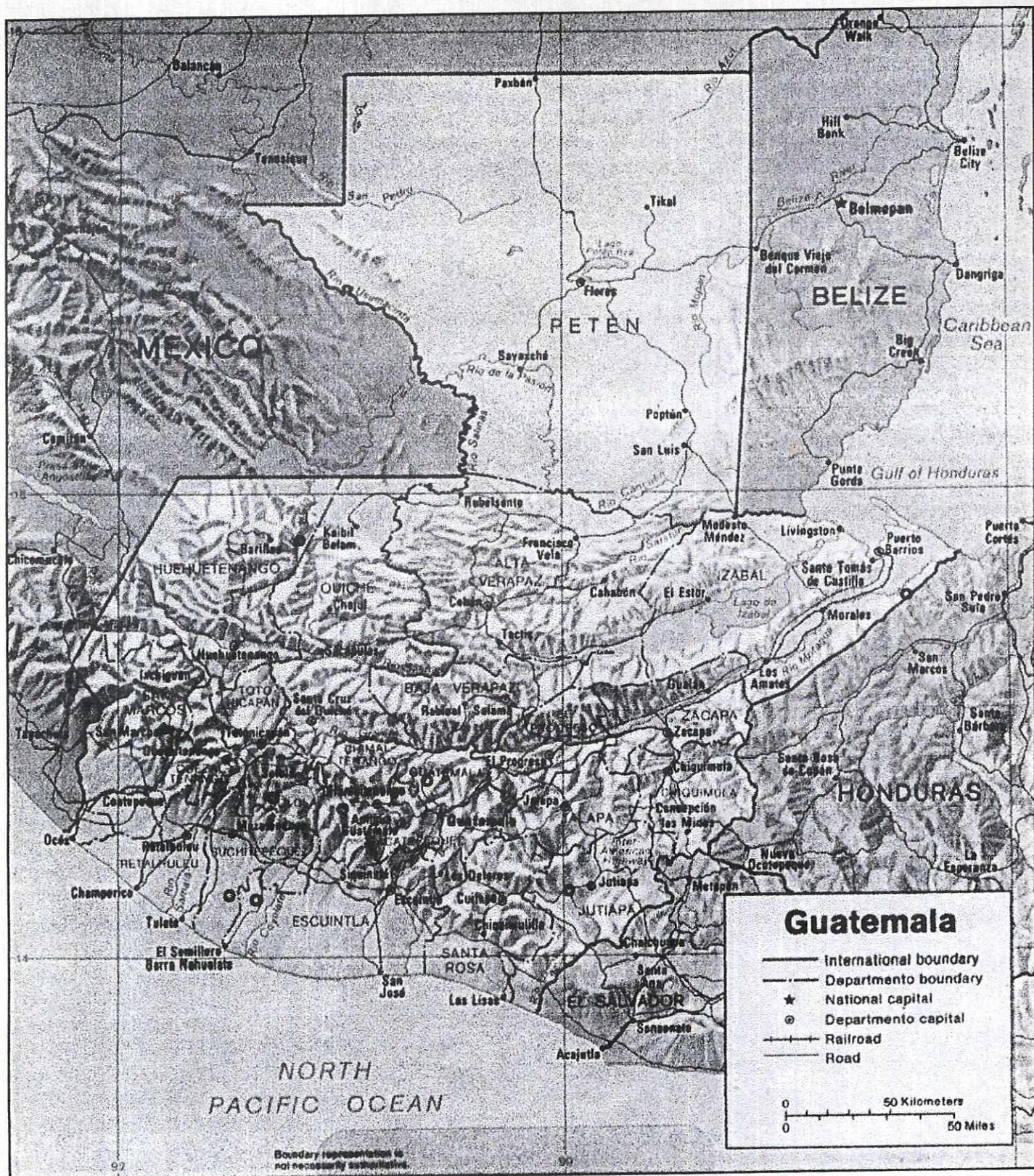
Sismos con magnitud Mb 5.3



Sismos con magnitud Mb 5.4



Sismos con magnitud Mb 5.5



Sismos con magnitud Mb 5.6



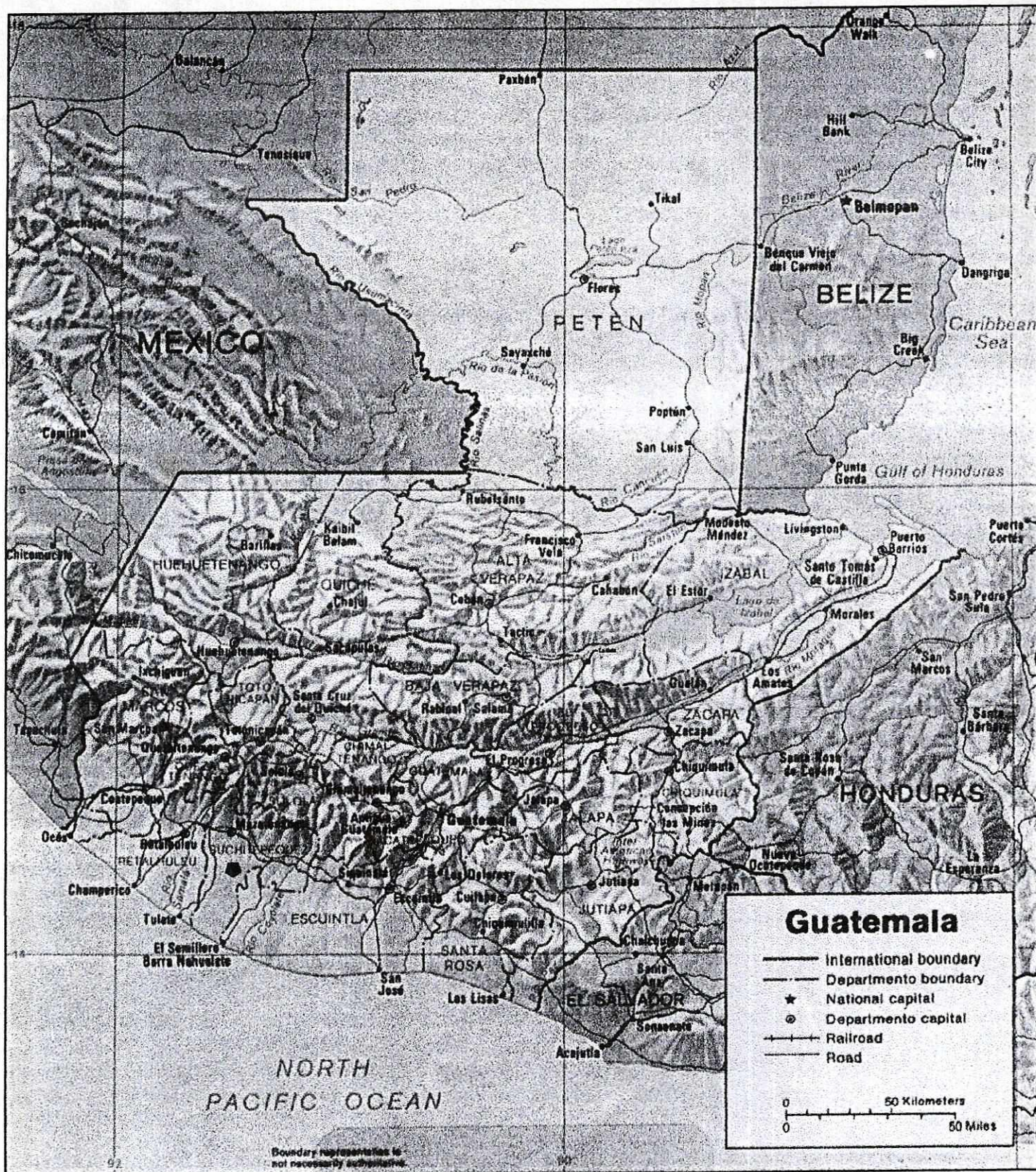
Sismos con magnitud Mb 5.8



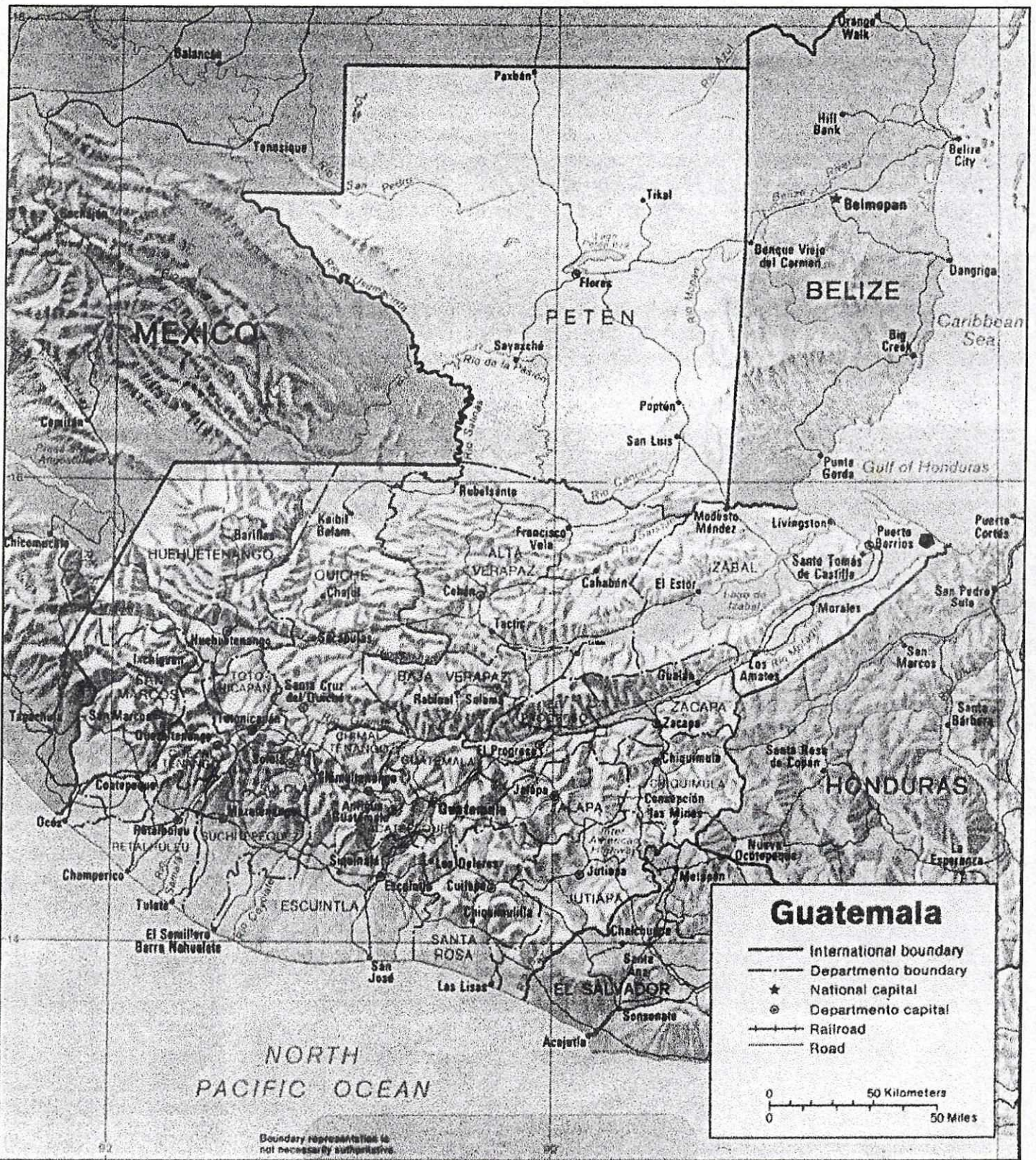
Sismos con magnitud Mb 6.2



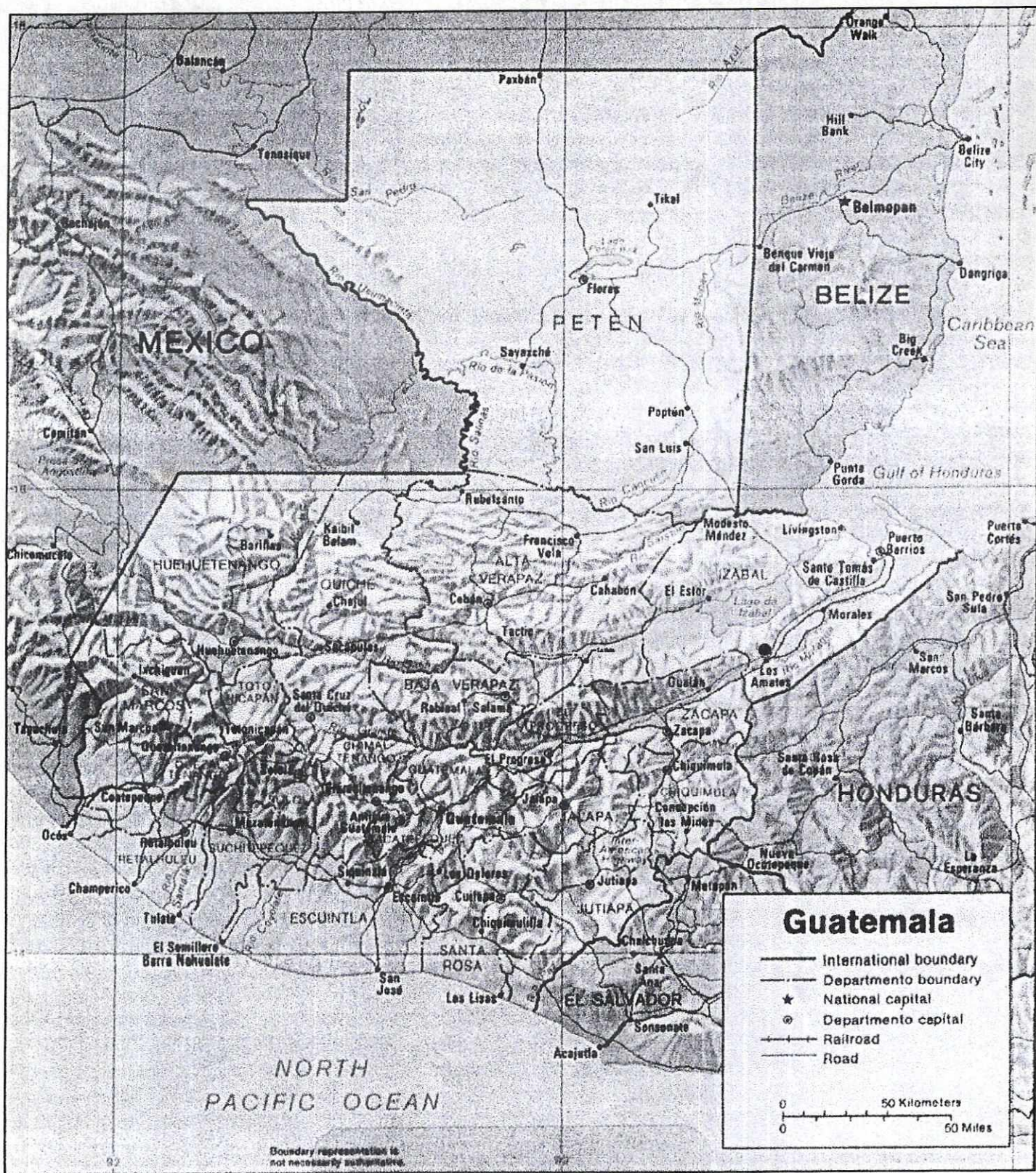
Sismos con magnitud Mb 6.4



Sismos con magnitud Mb 6.6

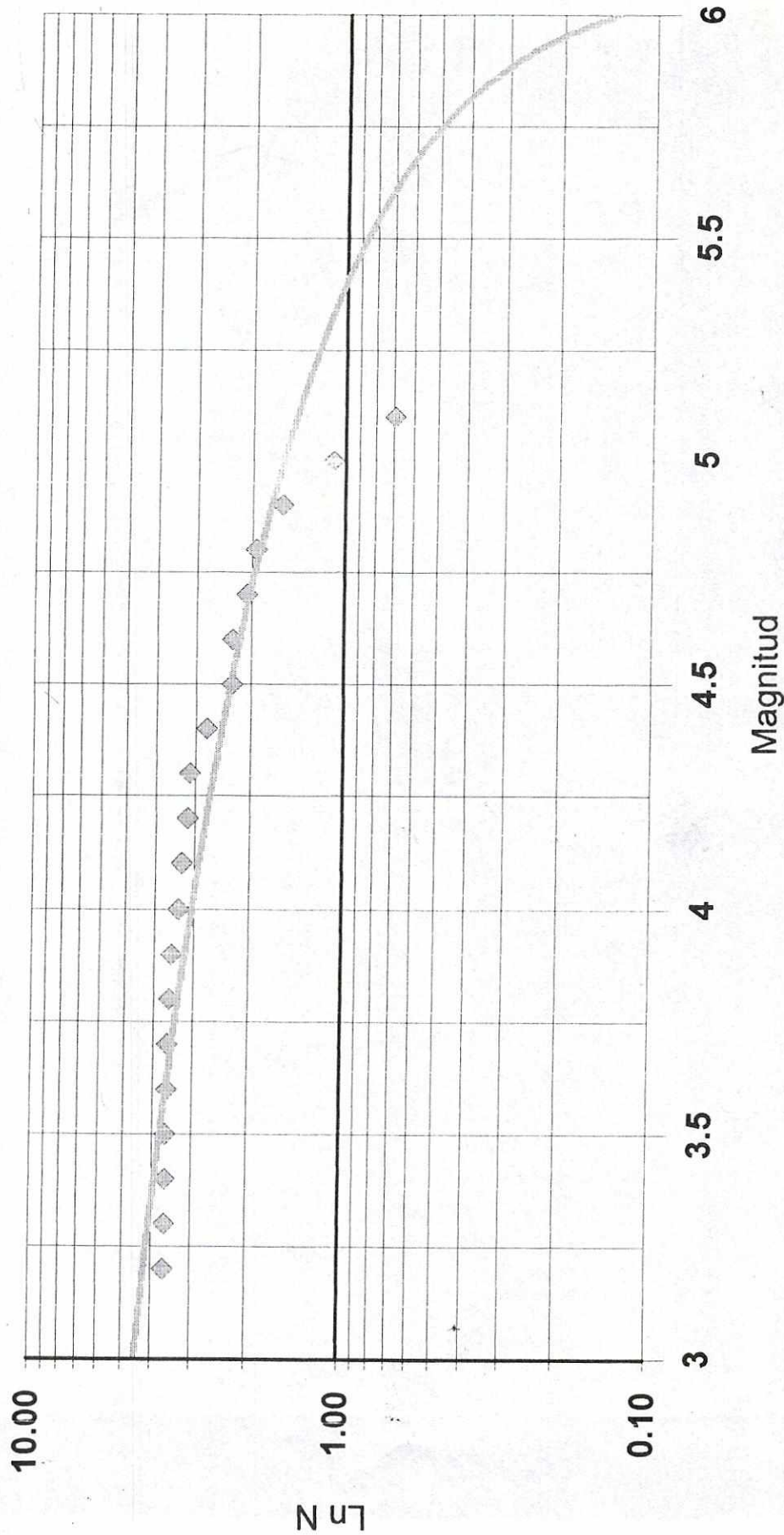


Sismos con magnitud Mb 6.7



Sismos con magnitud Mb 7.5

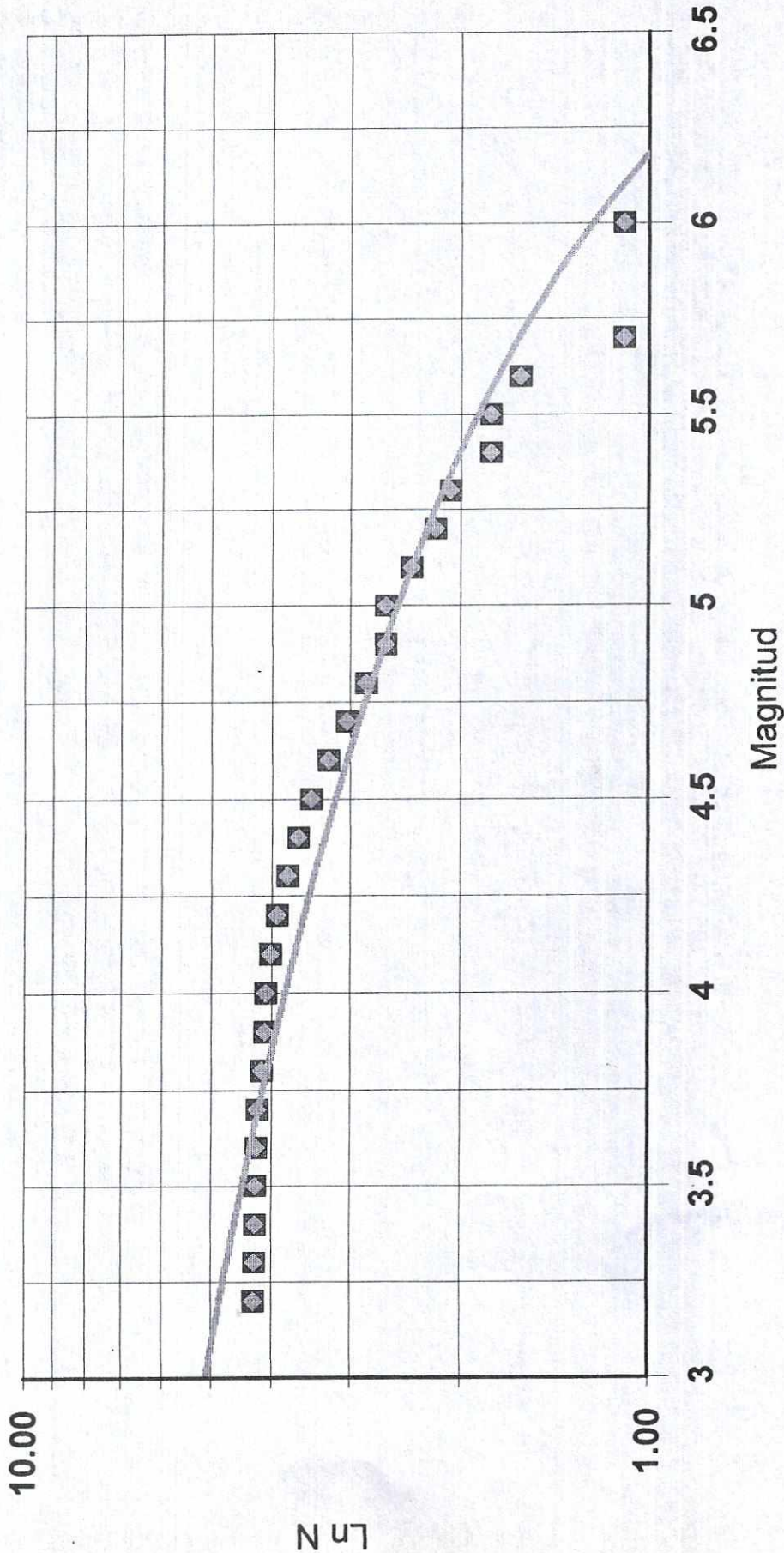
Relación Gutenberg-Richter Fuente Chixoy-Polochic



R-square = 0.854 # pts = 20
 $y = 8.89 + -1.46x$

Gráfica No 31.

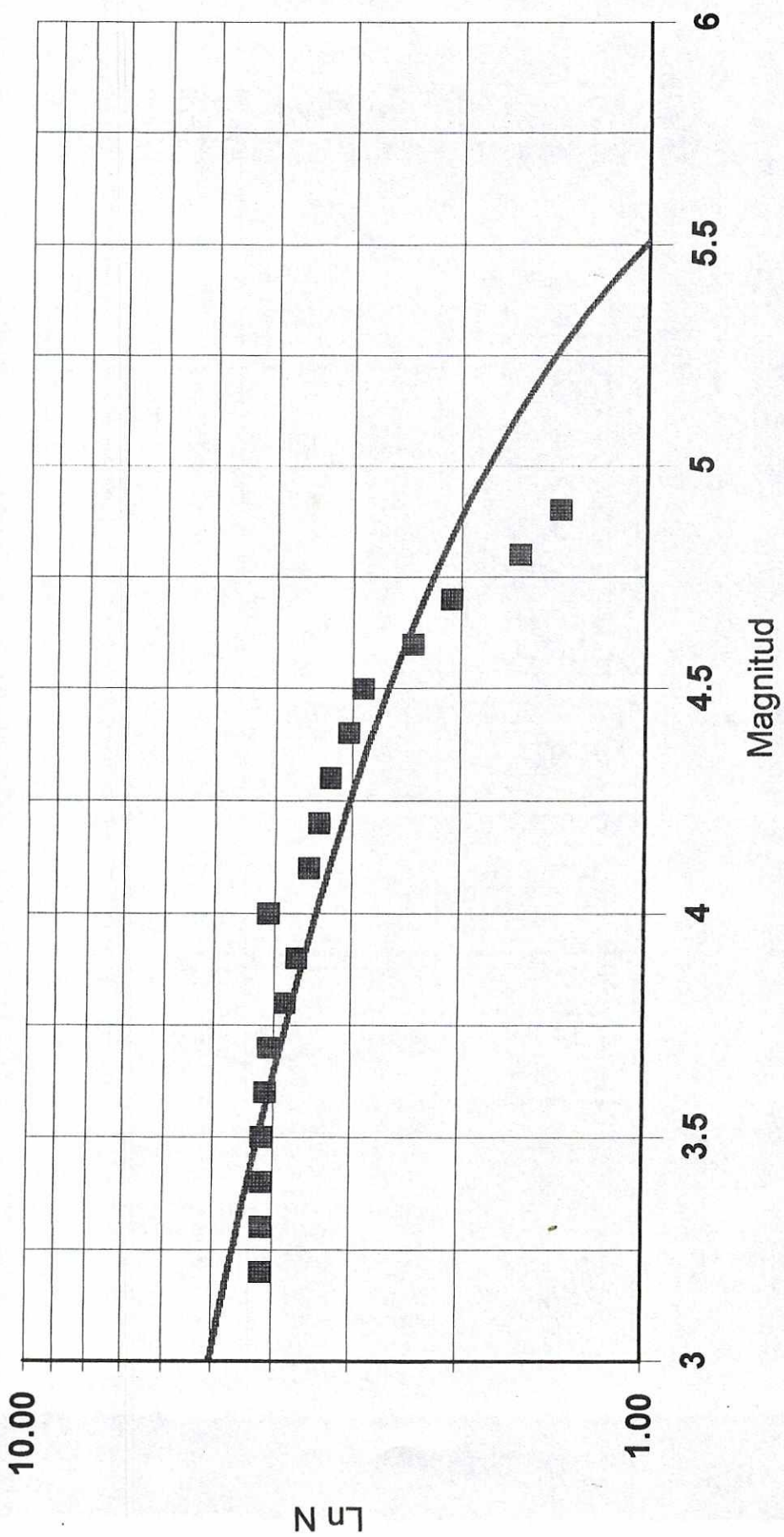
Relación Gutenberg-Richter Fuente Motagua



R-square = 0.938 # pts = 27
 $y = 8.96 + -1.29x$

Gráfica No 32.

Relación Gutenberg-Ritchter Fuente: Cadena volcánica



R-square = 0.858 # pts = 18
 $y = 9.84 + -1.6x$

Gráfica No 33.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DEL PROYECTO HIDROELECTRICO LA TINTA

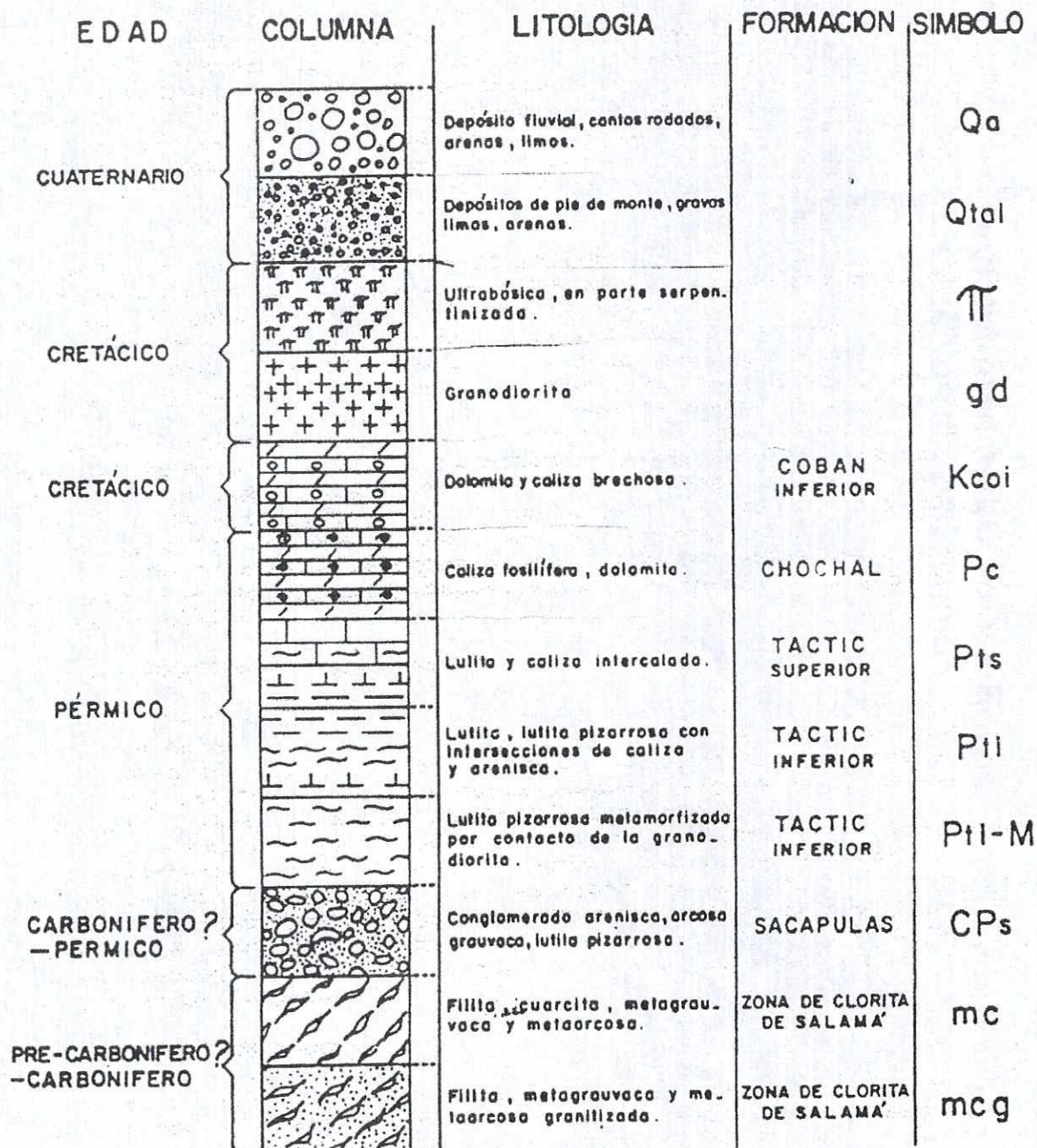
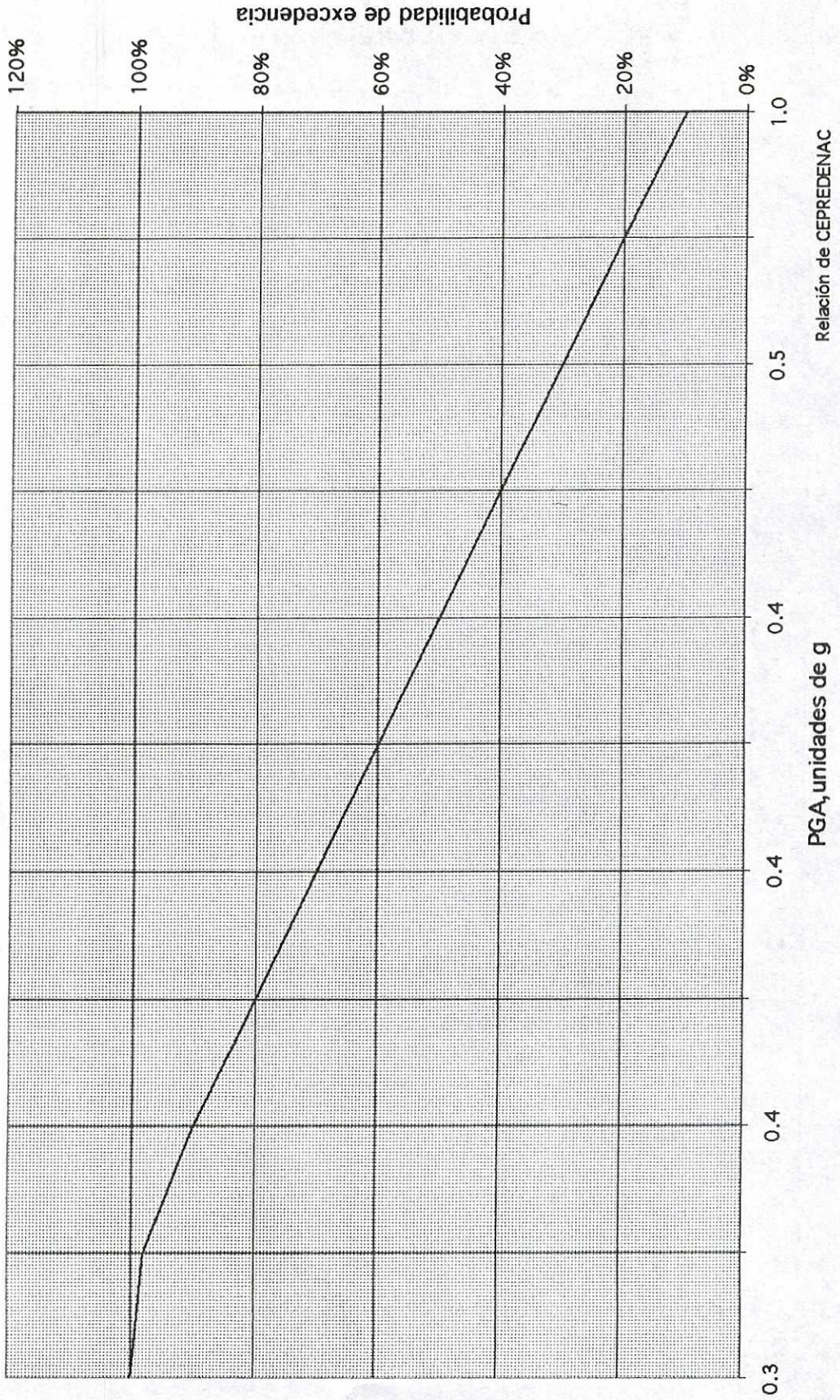
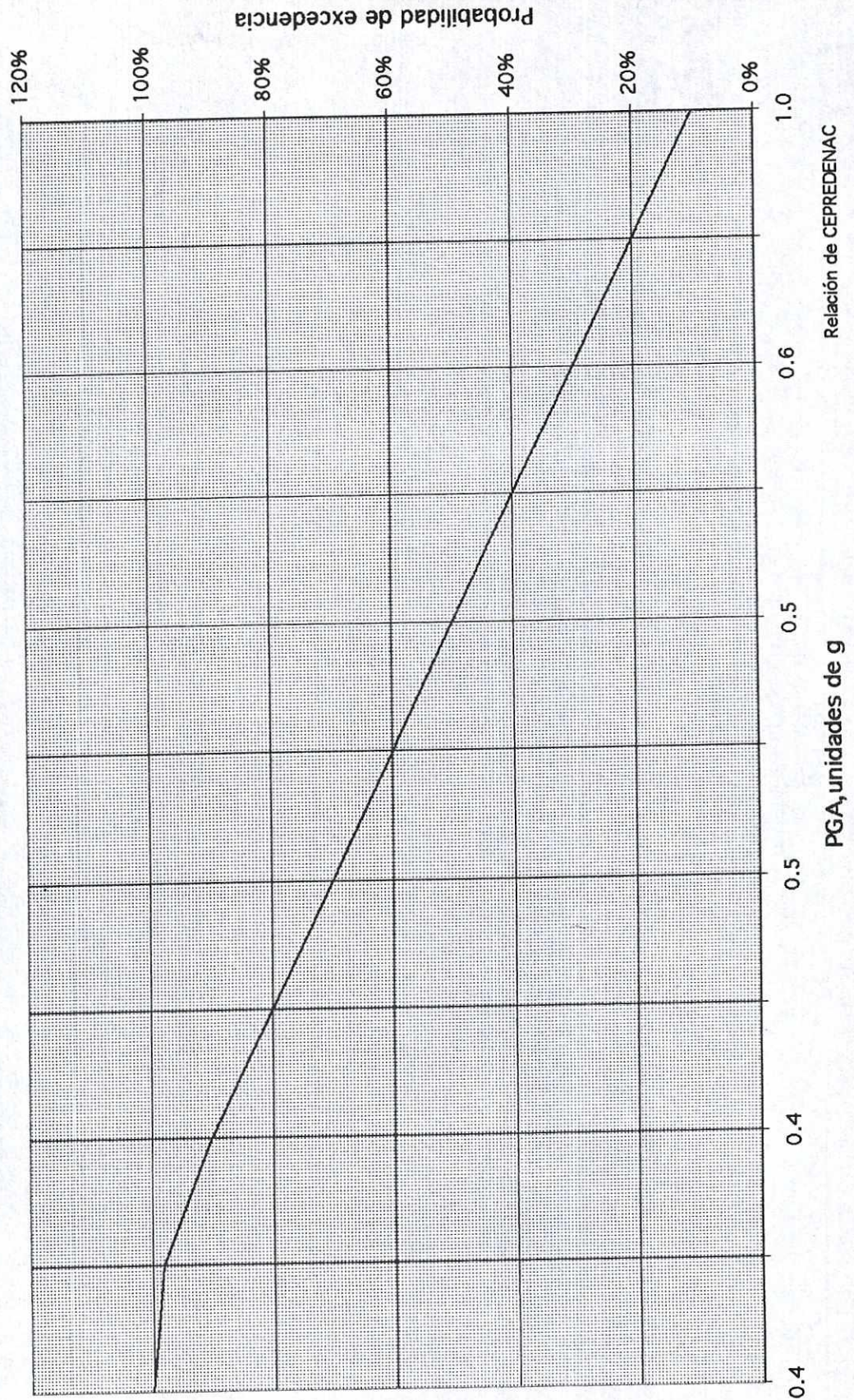


Figura No 2

Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=10 años
Sitio: N 15.279 W 89.896

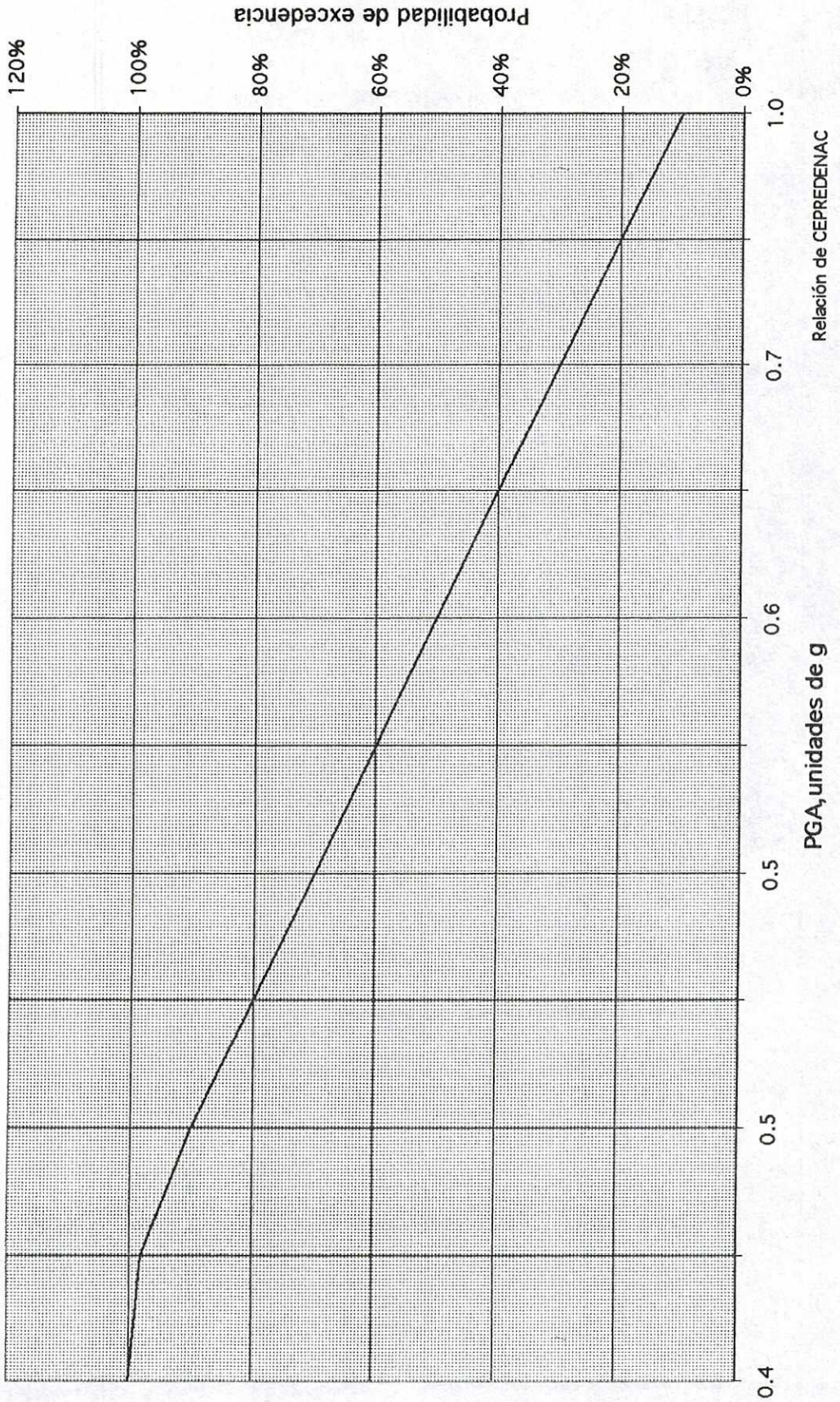


Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=25 años
Sitio: N 15.279 W 89.896



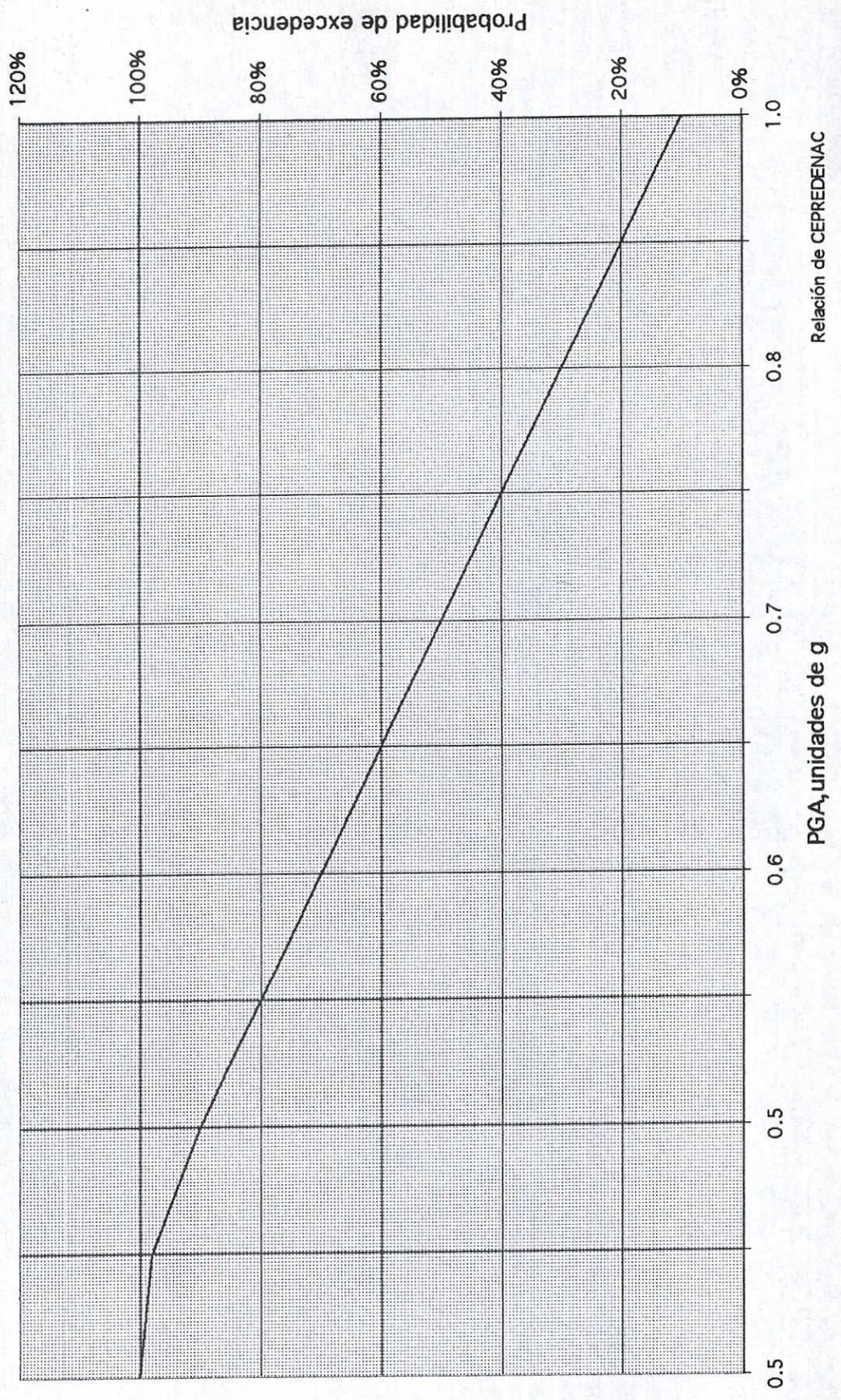
Gráfica No 36

Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=50 años
Sitio: N 15.279 W 89.896



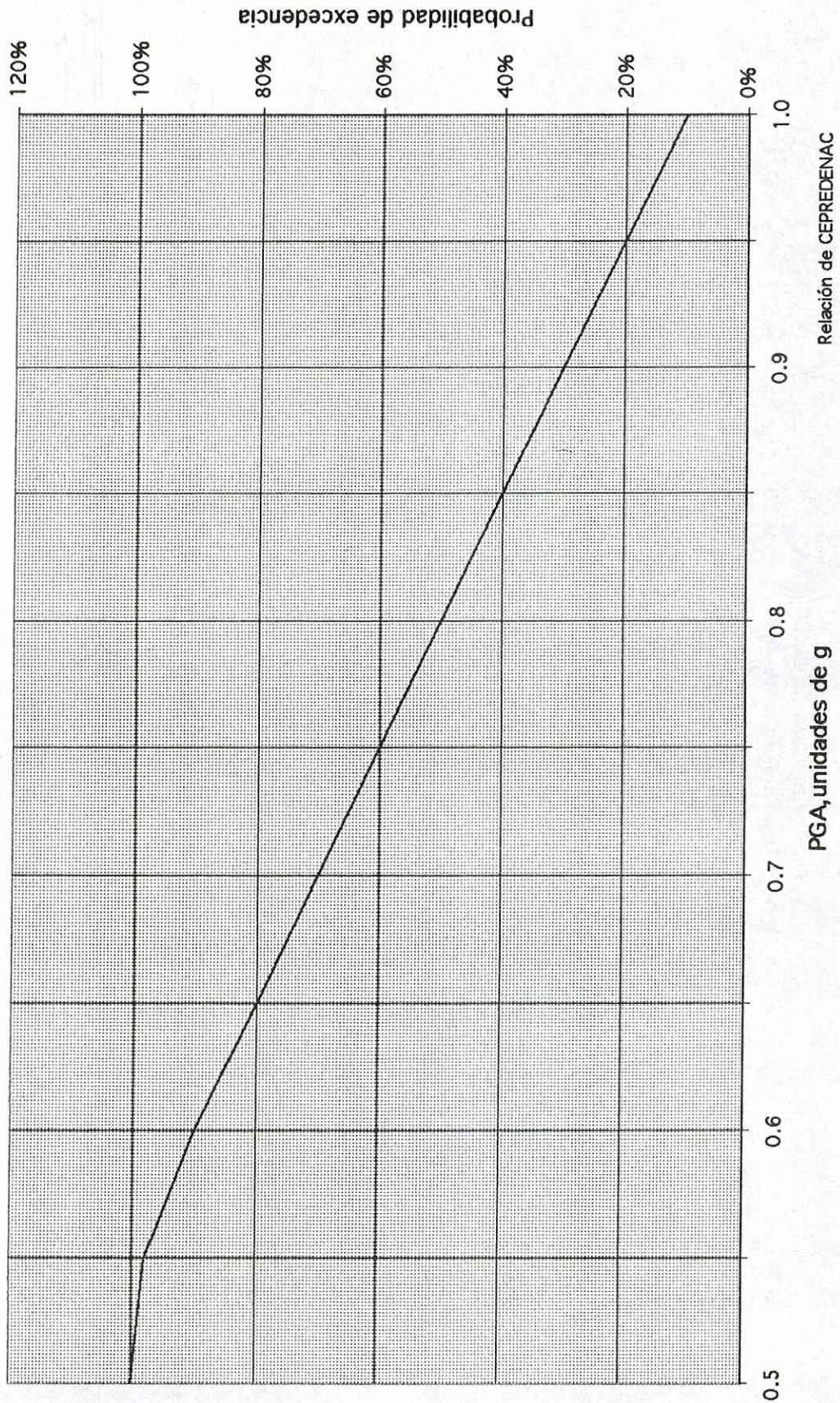
Gráfica No 37

Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=100 años
Sitio: N 15.279 W 89.896

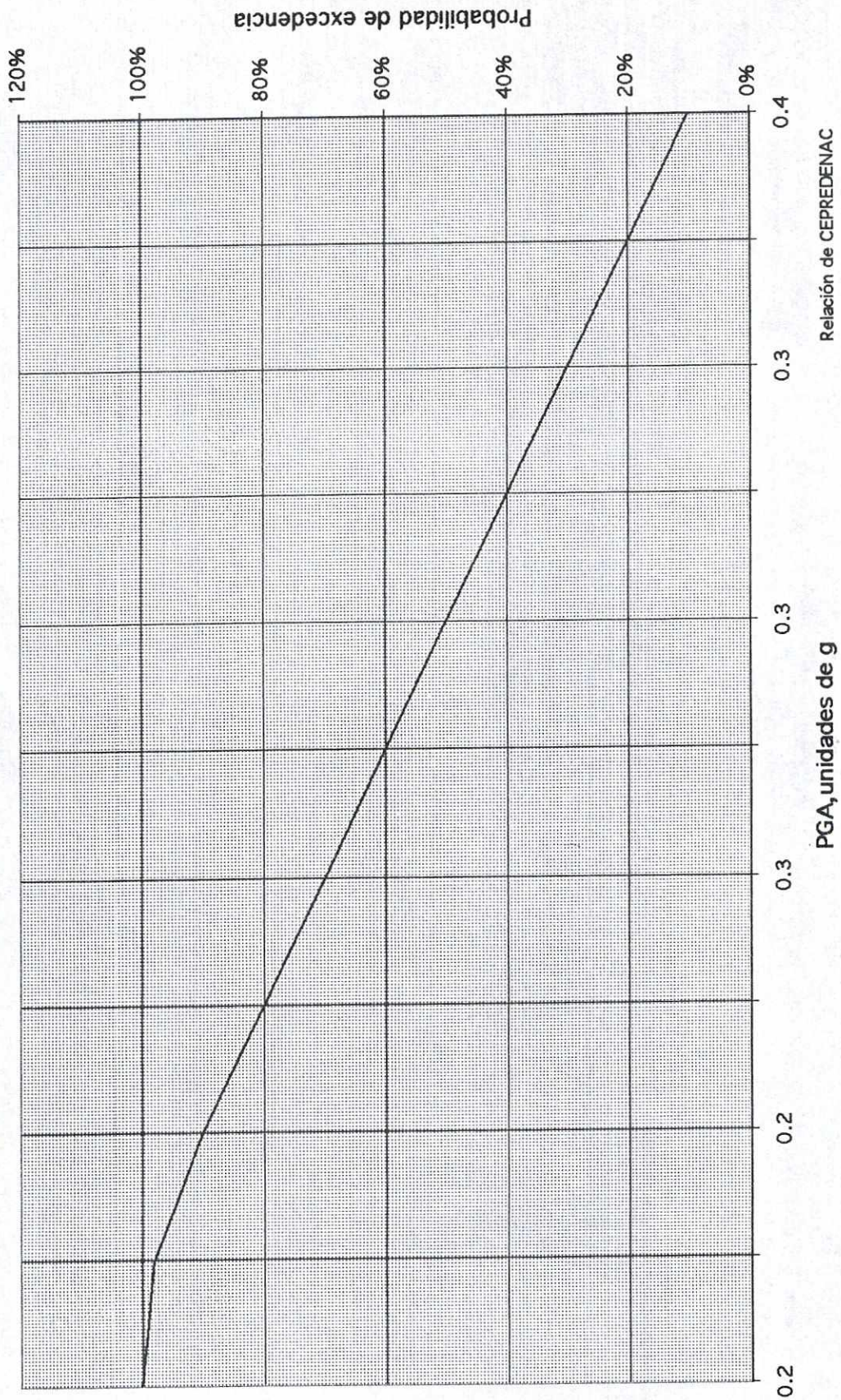


Gráfica No 38

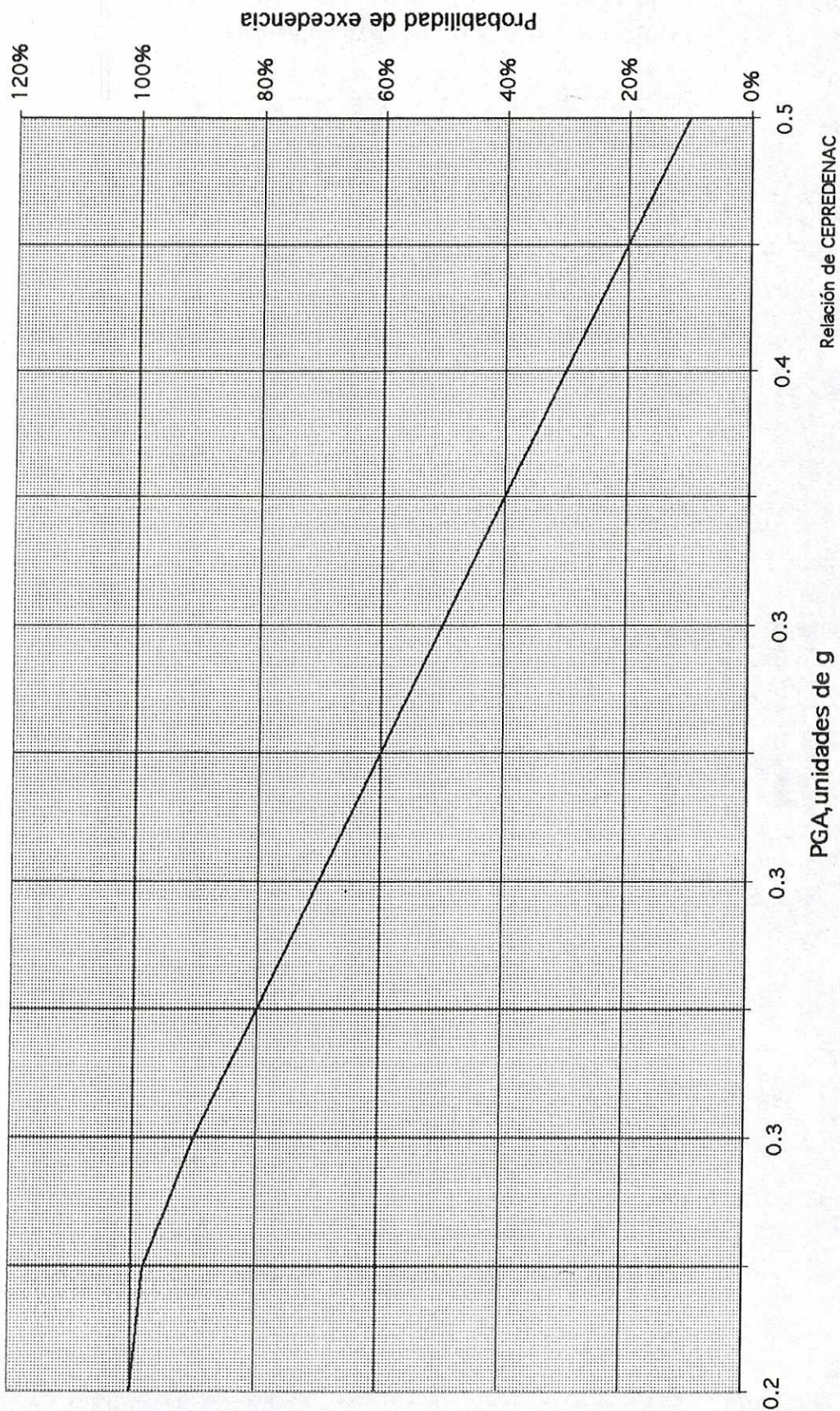
Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=200 años
Sitio: N 15.279 W 89.896



Probabilidad de excedencia
 Falla de Motagua
 $t=10$ años
 Sitio: N 15.279 W 89.896

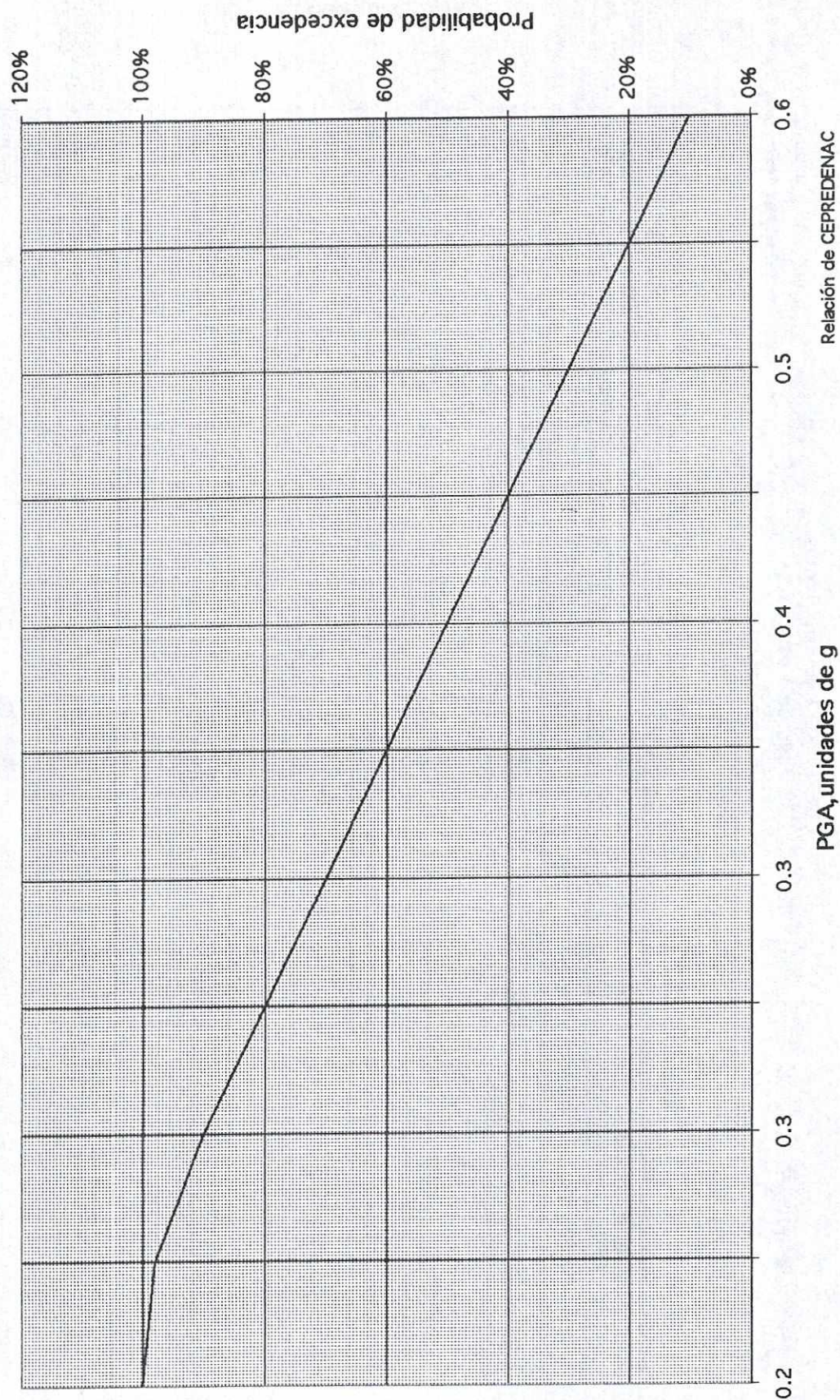


Probabilidad de excedencia
Falla de Motagua
t=25 años
Sitio: N 15.279 W 89.896

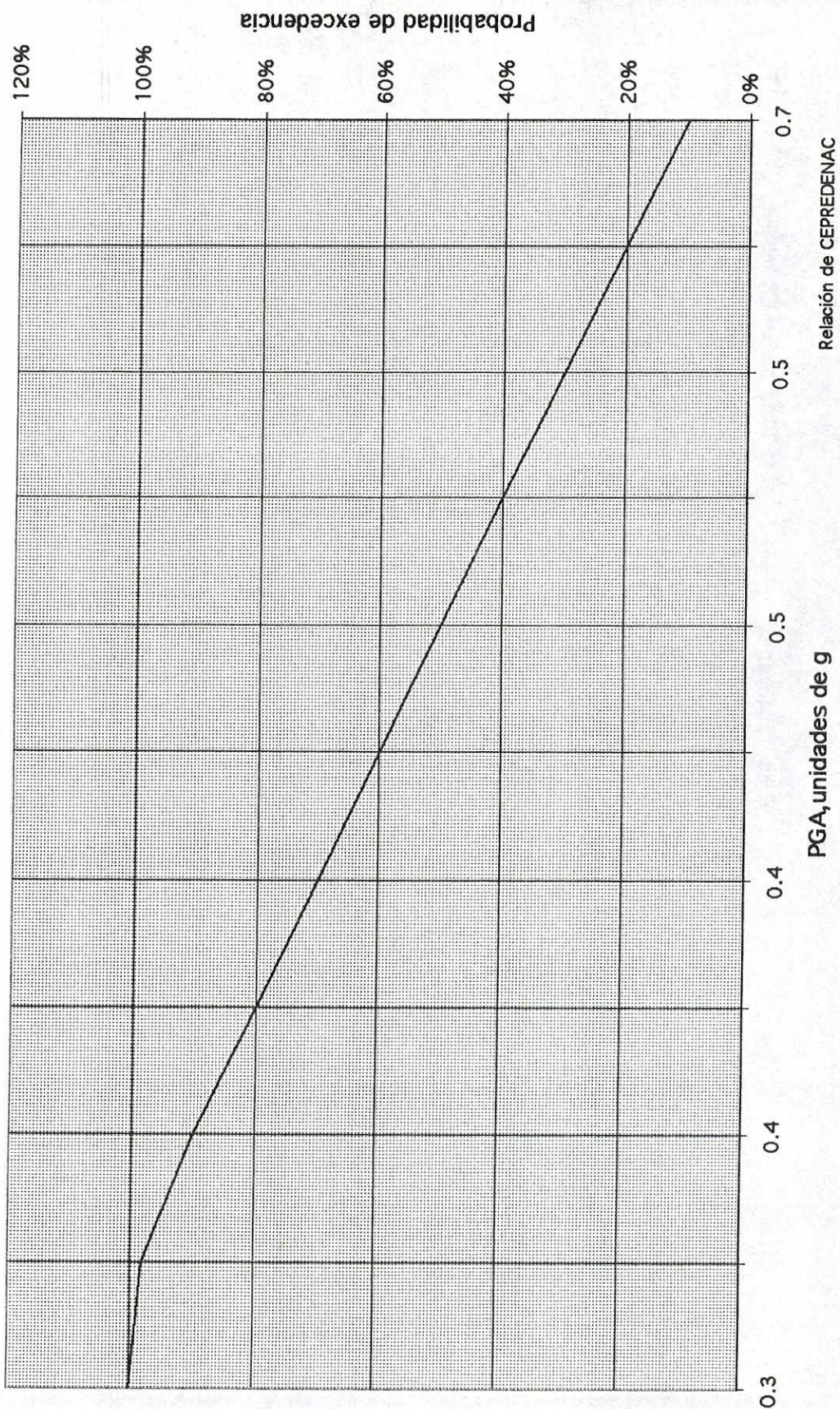


Gráfica No 41

Probabilidad de excedencia
 Falla de Motagua
 $t=50$ años
 Sitio: N 15.279 W 89.896

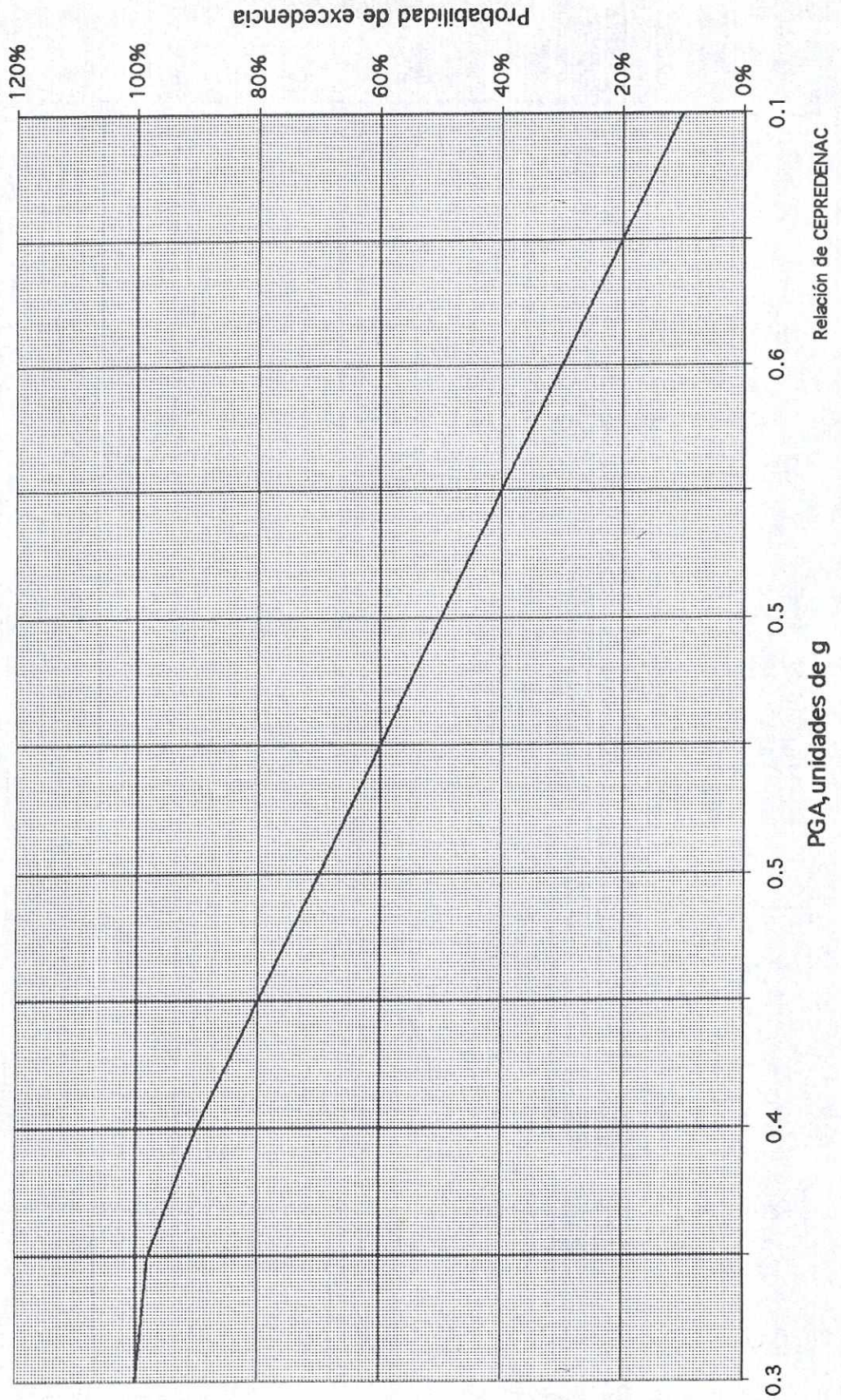


Probabilidad de excedencia
 Falla de Motagua
 t=100 años
 Sitio: N 15.279 W 89.896

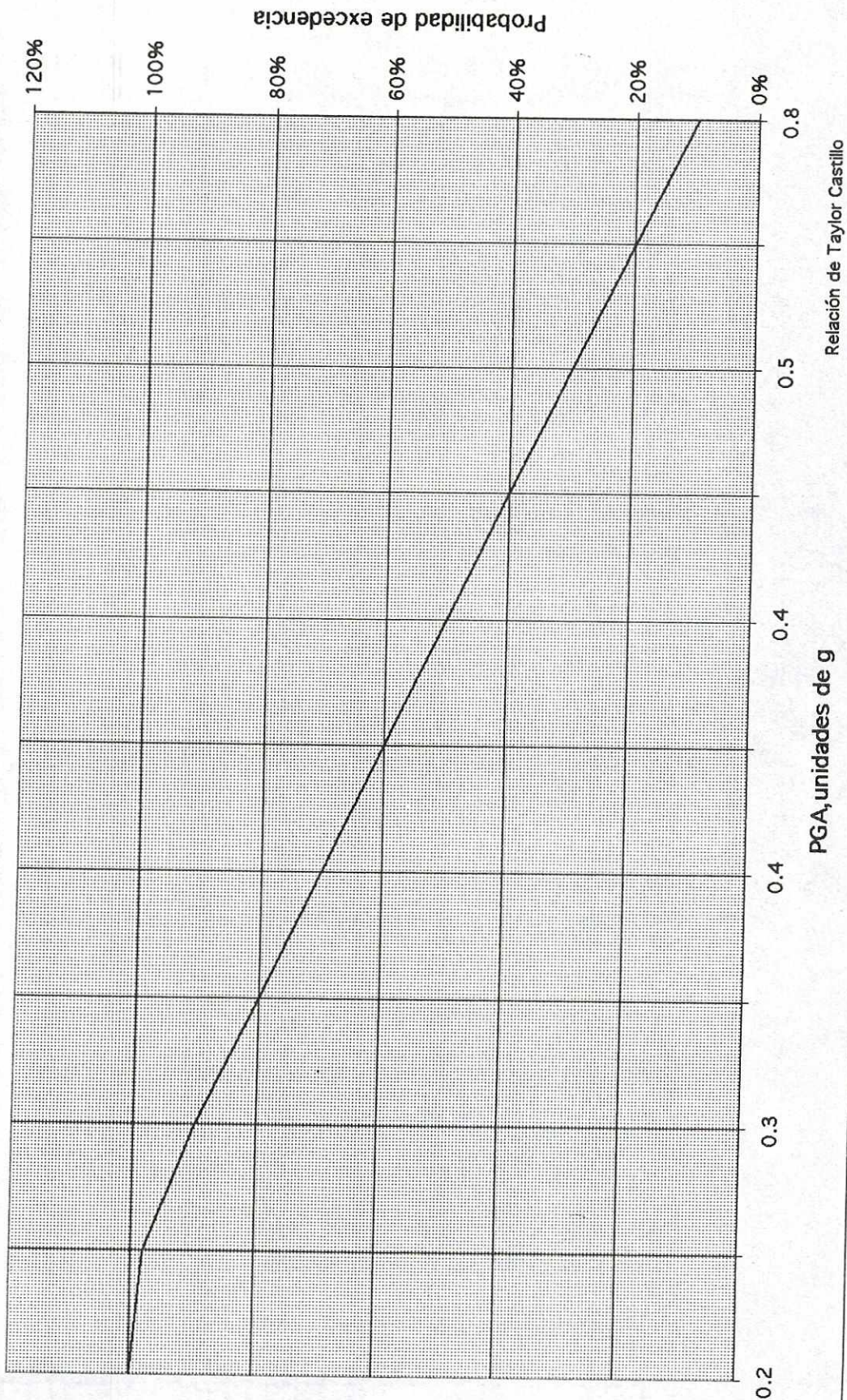


Gráfica No 43

Probabilidad de excedencia
Falla de Motagua
t=200 años
Sitio: N 15.279 W 89.896

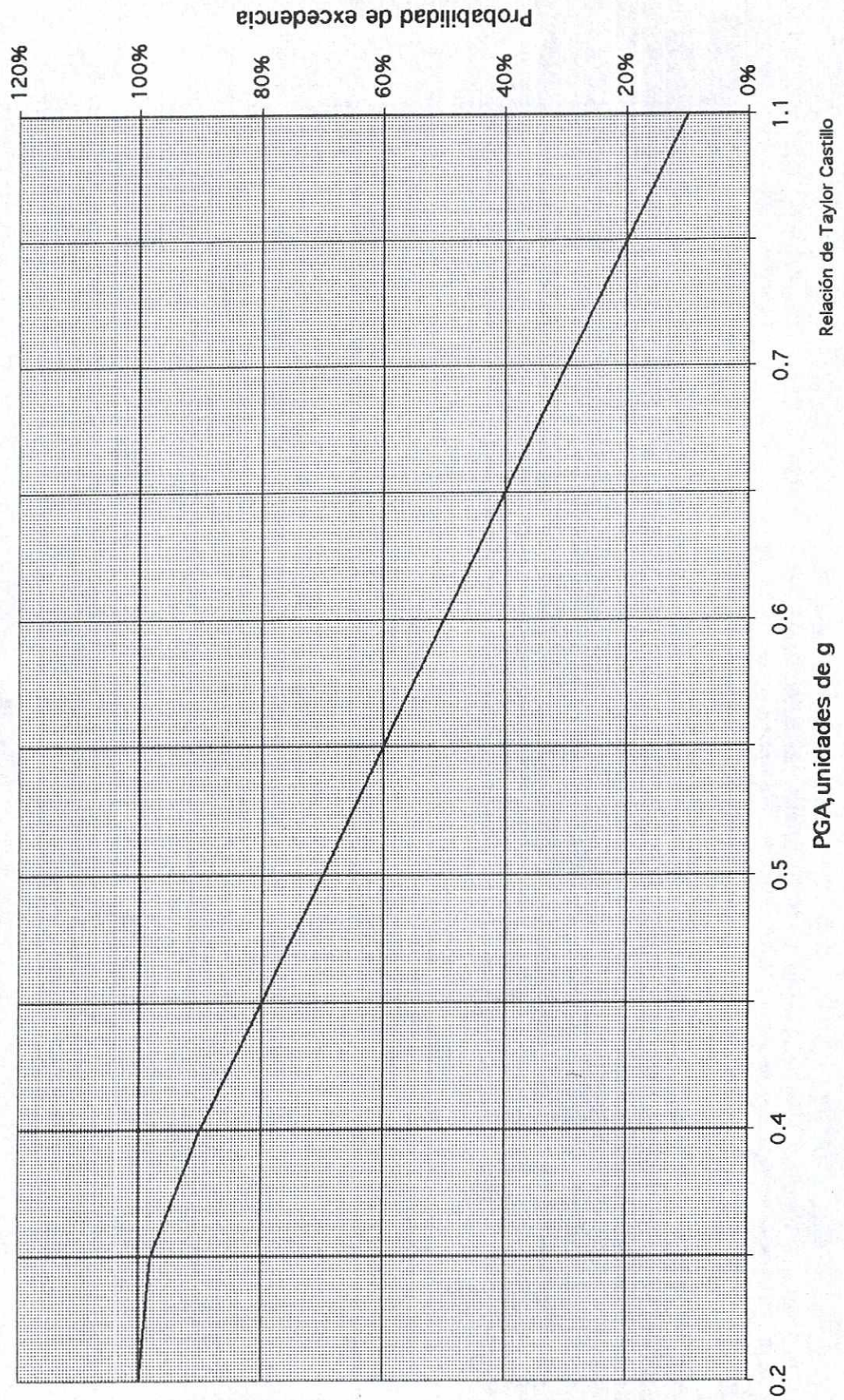


Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=10 años
Sitio: N 15.279 W 89.896



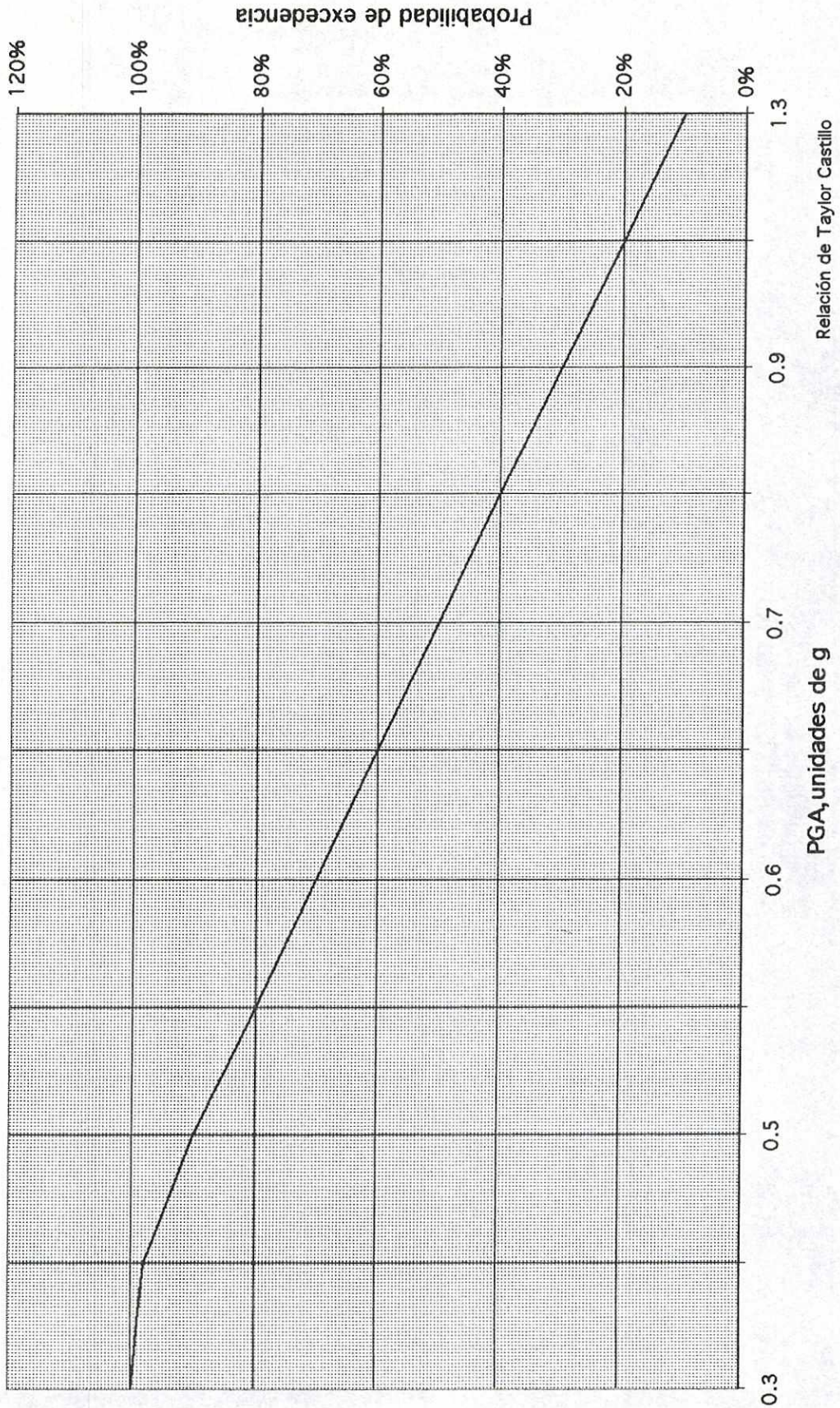
Gráfica No 45

Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=25 años
Sitio: N 15.279 W 89.896

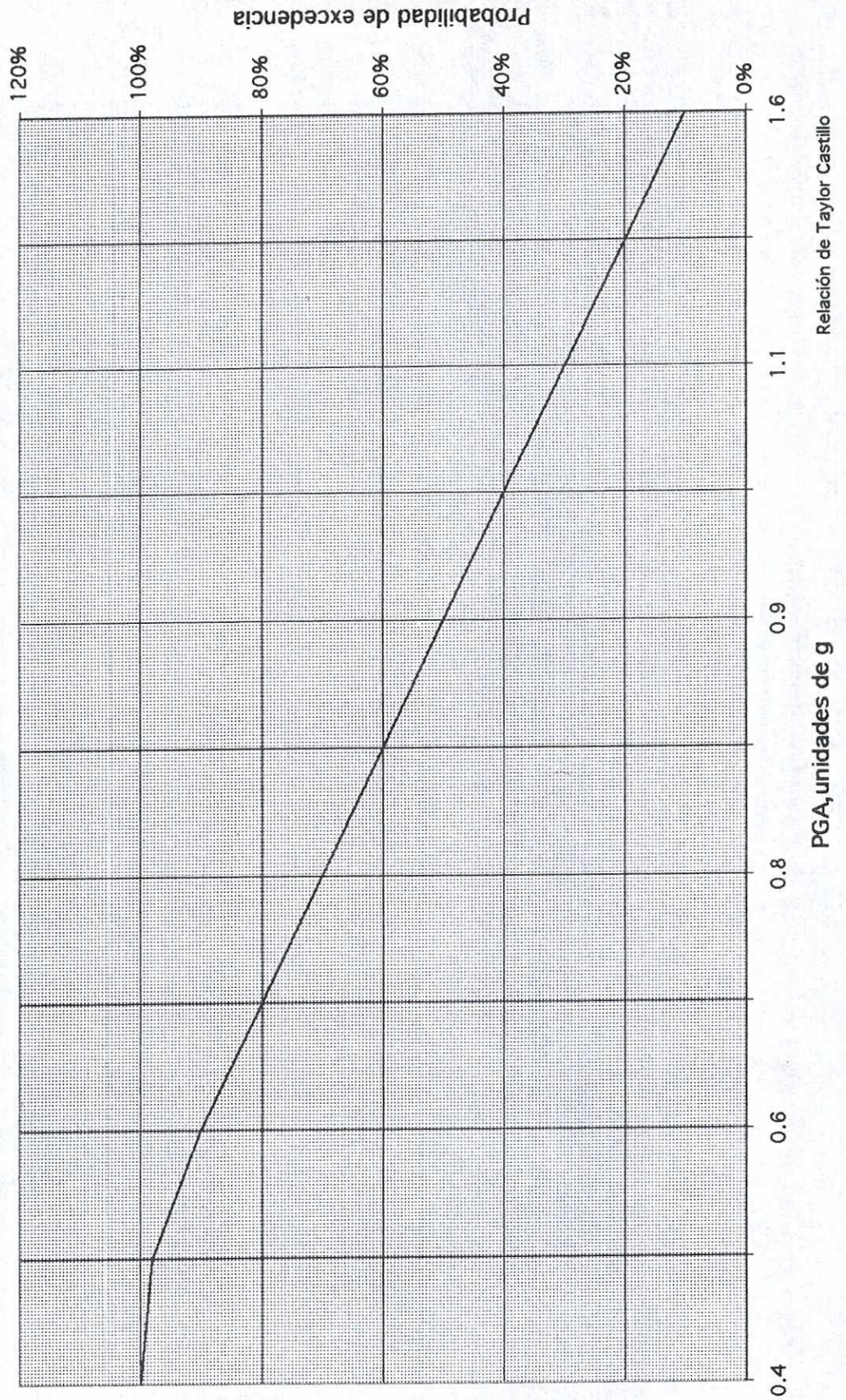


Gráfica No 46

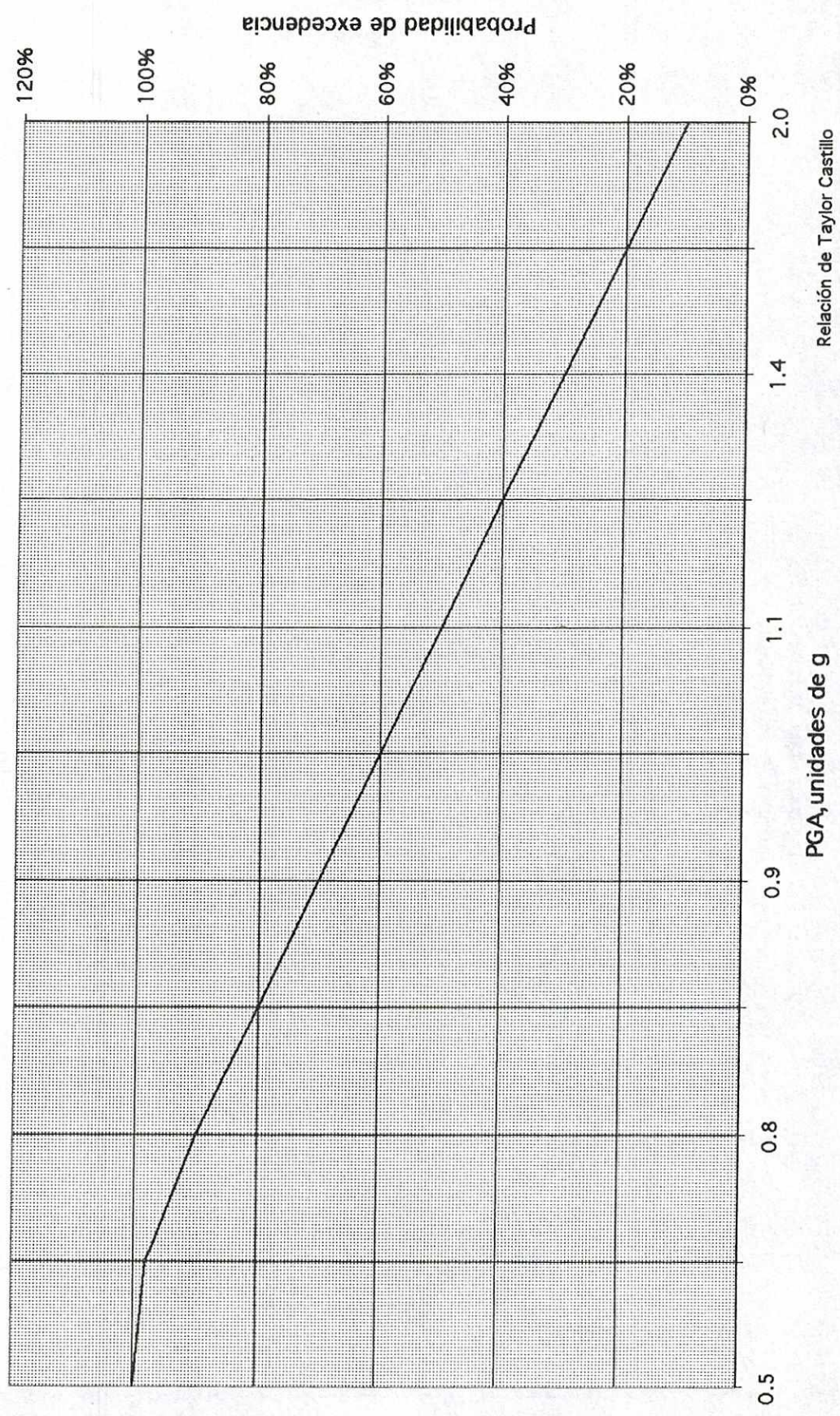
Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=50 años
Sitio: N 15.279 W 89.896



Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=100 años
Sitio: N 15.279 W 89.896

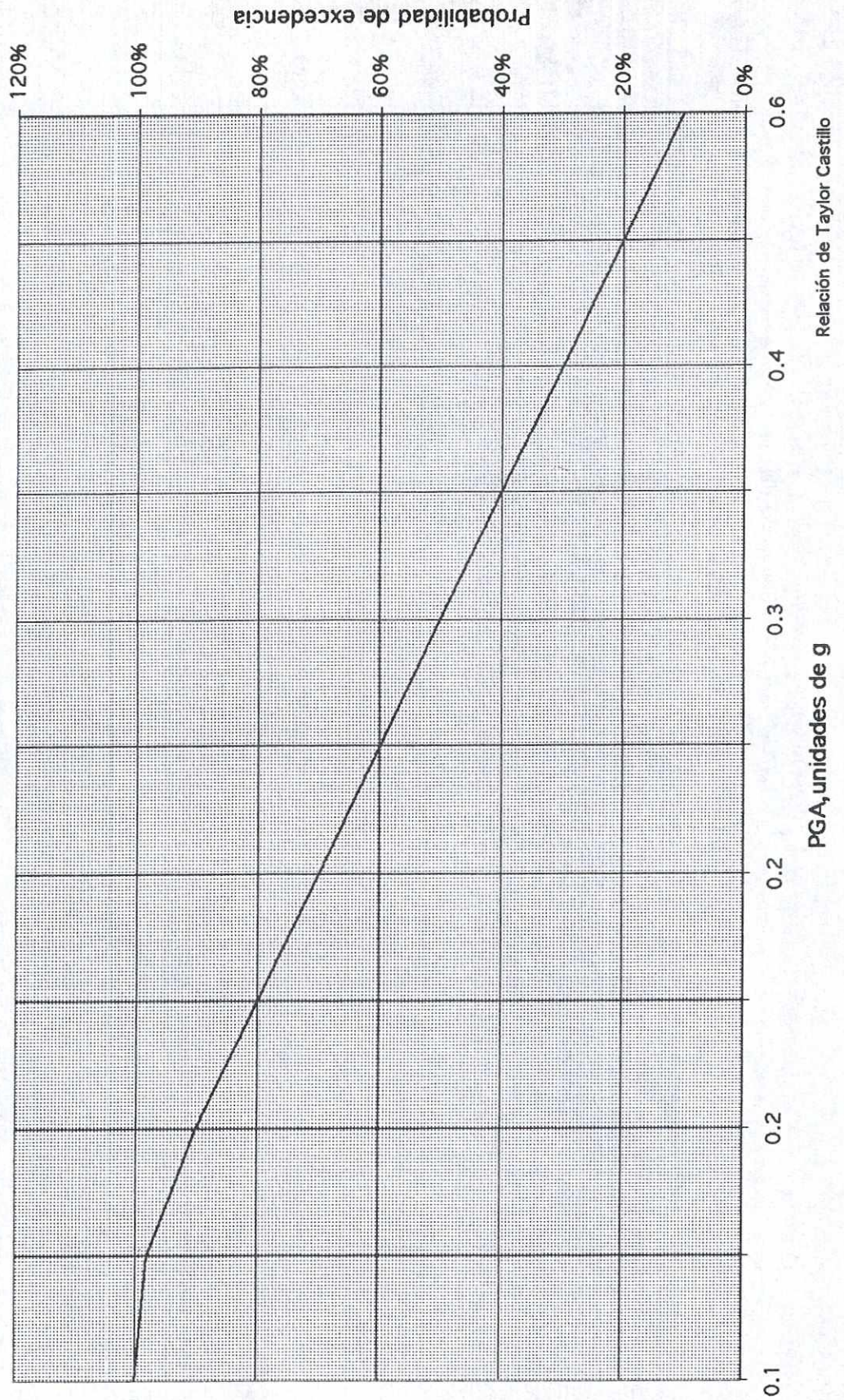


Probabilidad de excedencia
Falla de Chixoy-Polochic
t=200 años
Sitio: N 15.279 W 89.896

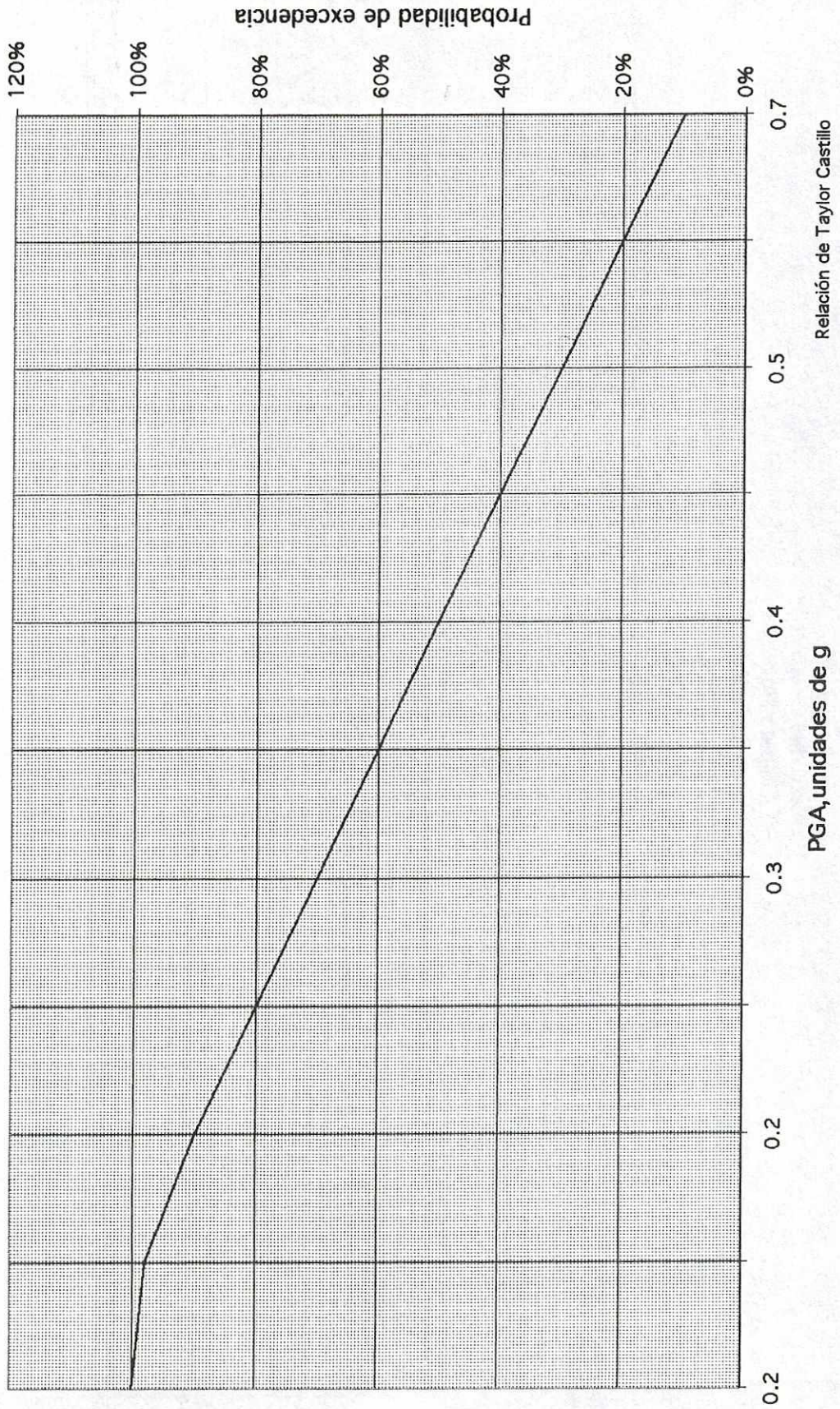


Gráfica No 49

Probabilidad de excedencia
Falla de Motagua
t=25 años
Sitio: N 15.279 W 89.896

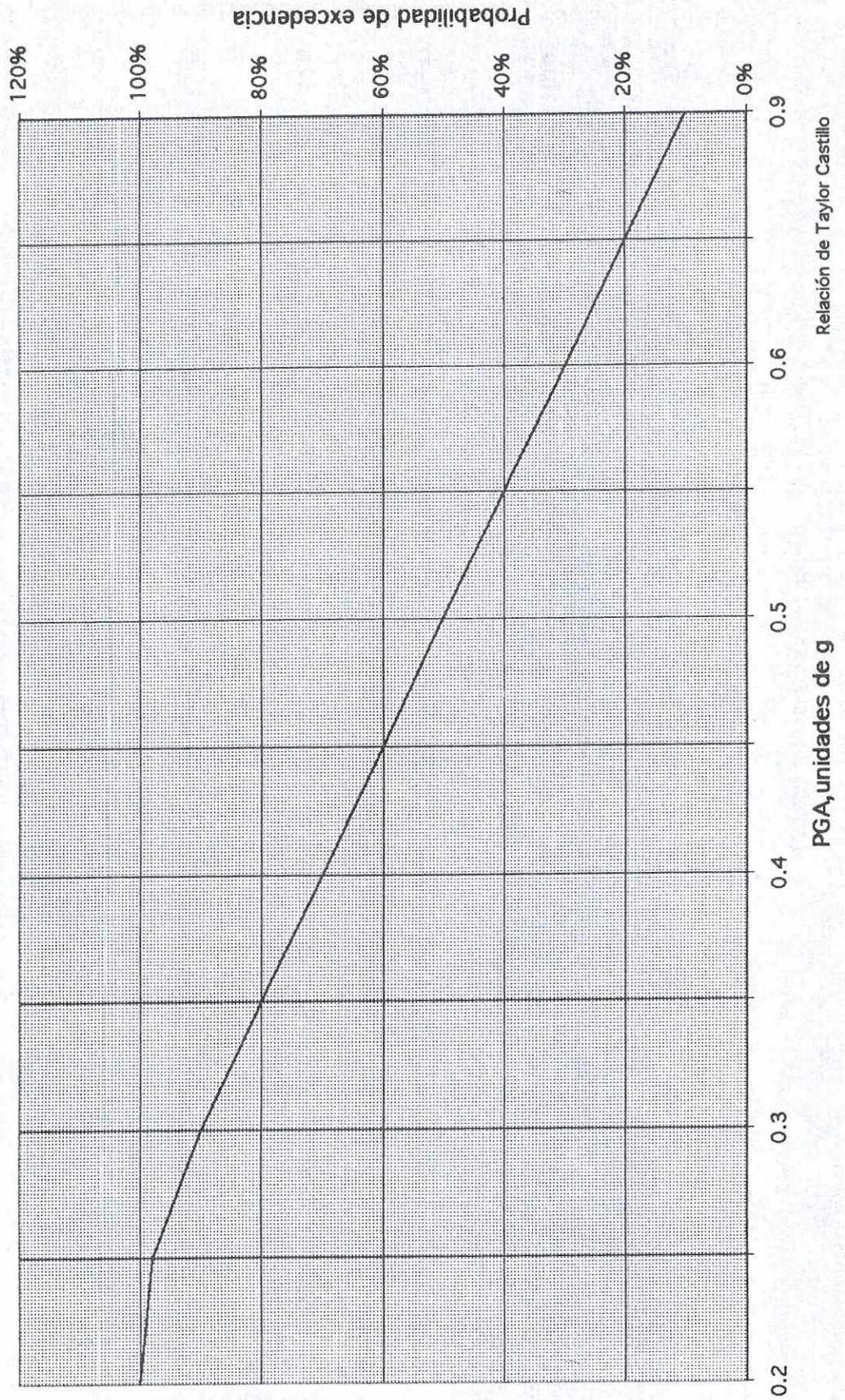


Probabilidad de excedencia
Falla de Motagua
t=50 años
Sitio: N 15.279 W 89.896

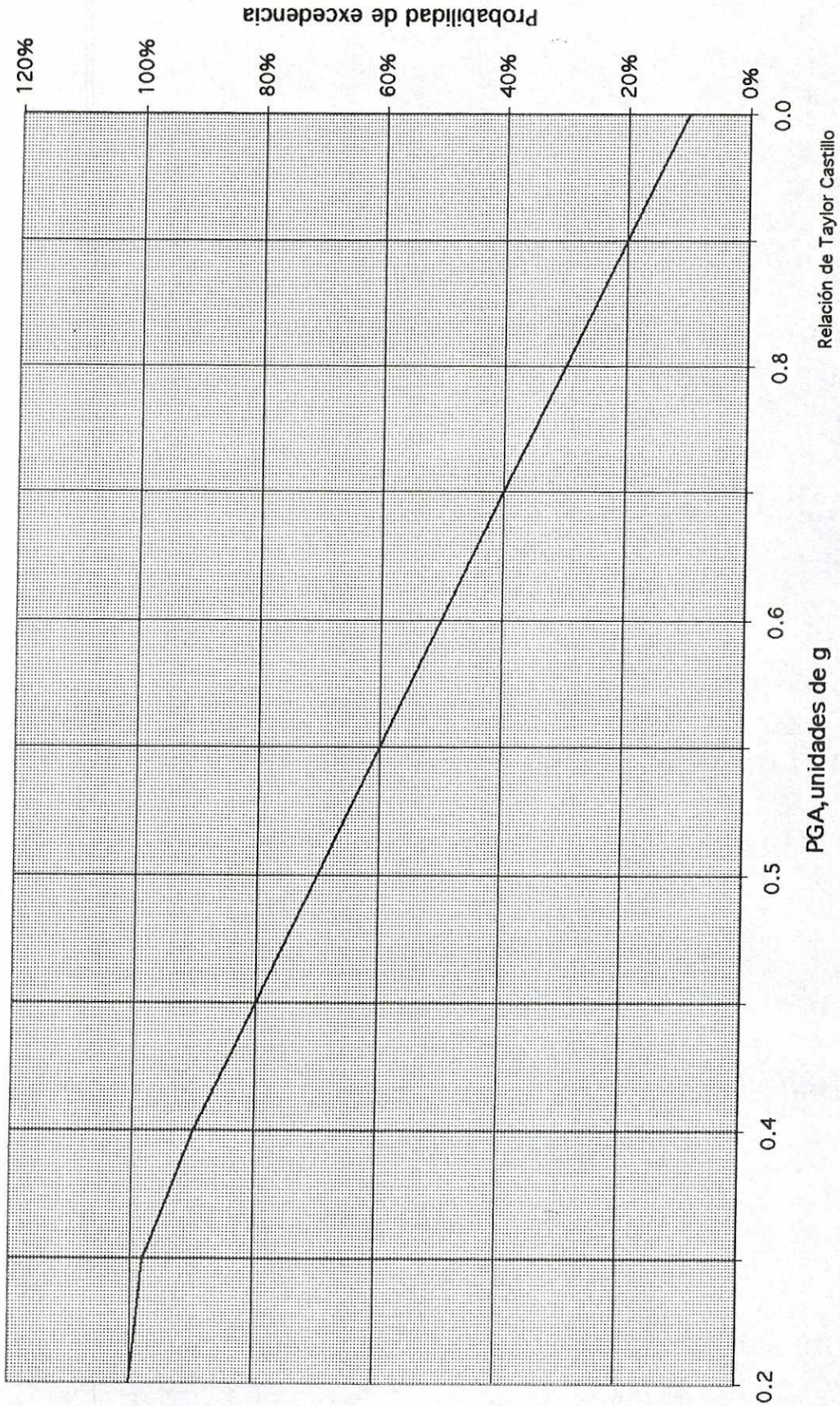


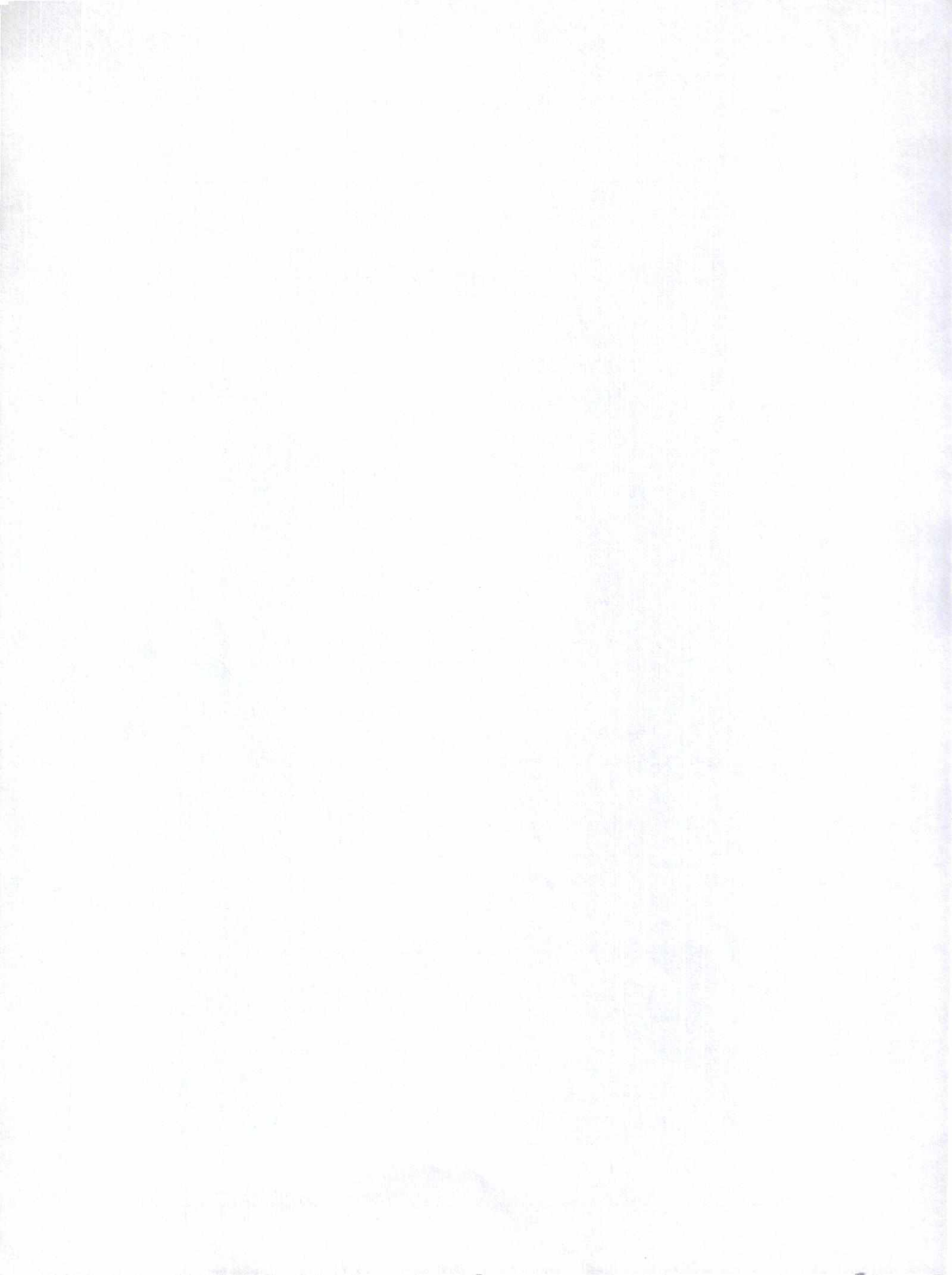
Gráfica No 51

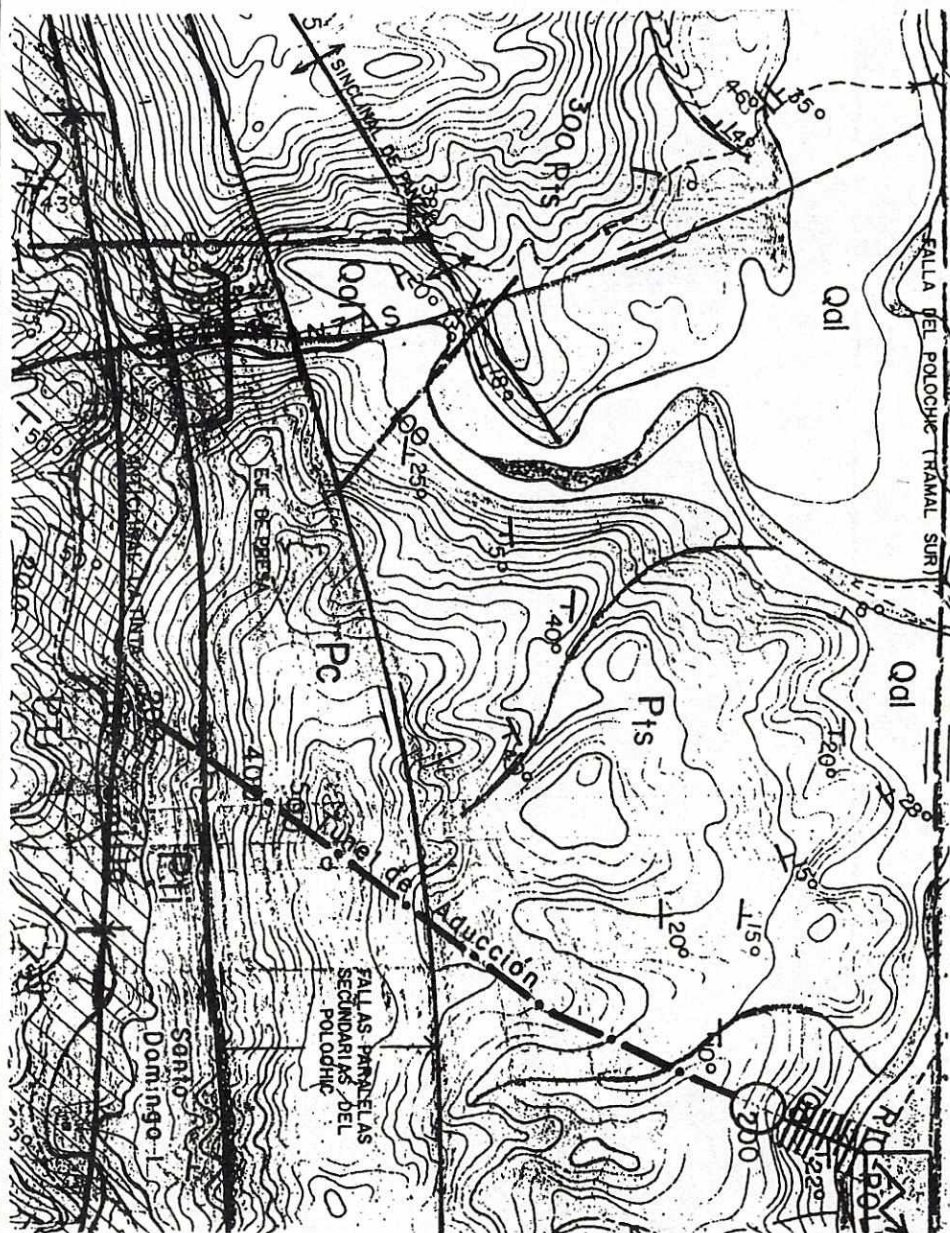
Probabilidad de excedencia
Falla de Motagua
t=100 años
Sitio: N 15.279 W 89.896














Probabilidad de excedencia
Falla de Motagua
t=200 años
Sitio: N 15.279 W 89.896







- LEYENDA**
-  DEPOSITOS ALUVIALES, CEMENTOS, ARENAS Y LIMO
 -  FORMACION CHICAL
 -  CALIZA FOSILIFERA, OOLITICAS
 -  FORMACION TERTIARIA INFERIOR: LUTITAS Y CALIZAS INTERCALADAS AMERICA
 -  FORMACION TERTIARIA SUPERIOR: LUTITAS Y CALIZAS INTERCALADAS
 -  FALLA
 -  FALLA INFERNA
 -  ANTICLINAL
 -  SINCLINAL
 -  RUMBO Y ECHADO
 -  PREPARACION ESTRUCTURAL

ESCALA 1:2500

PROYECTO: MAPA DEL TERRITORIO LA TUNA	
MAPA GEOLOGICO DEL AREA DEL PROYECTO	
ENCUADRE	ENCUADRE
FECHA	FECHA
ELABORADO	ELABORADO
REVISADO	REVISADO
FIGURA N.º	FIGURA N.º